



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola de Química

Estudo comparativo das pegadas ambientais de xampu sólido e xampu líquido convencional por Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Thays Cristina de Oliveira Sampaio
Vívian Ribeiro Freire D'Aguiar

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal do Rio de
Janeiro

Orientadoras:

Dra. Bettina Susanne Hoffmann

Dra. Alessandra da Rocha Duailibe Monteiro

Rio de Janeiro

2020

Estudo comparativo das pegadas ambientais de xampu sólido e xampu líquido convencional por Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Thays Cristina de Oliveira Sampaio

Vívian Ribeiro Freire D'Aguiar

Trabalho de Conclusão do Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau em Engenharia Química.

Aprovado por:

Dr. Fabio de Almeida Oroski

Luciana Pinto

Orientado por:

Dra. Bettina Susanne Hoffmann

Dra. Alessandra da Rocha Duailibe Monteiro

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Dezembro/2020

***“From knowing comes caring,
from caring comes change.”***

- Manuel Bustelo (A Plastic Ocean, 2016)

[Do saber vem o cuidar, do cuidar vem a mudança]

Agradecimentos

Foram quase 8 anos de UFRJ. Durante esse tempo, passamos por muitos desafios, mudanças e conquistas. Amadurecemos e nos tornamos mais resilientes. Foram muitas pessoas que caminharam ao nosso lado e que nos ajudaram a superar os obstáculos. Seria impossível listar cada uma aqui, mas deixamos nosso sincero obrigada a todos!

Gostaríamos de agradecer especialmente aos nossos pais, Ana Lúcia, Luiz Carlos, Sandra e Julio, por acreditarem em nossos sonhos e nos apoiarem incondicionalmente durante essa trajetória. Desde o nosso primeiro apartamento na Tijuca, até as aventuras de intercâmbio, vocês sempre nos incentivaram a seguir nossos caminhos e confiaram em nossa capacidade (muitas vezes mais do que nós mesmas). Obrigada por serem nosso porto seguro.

Gostaríamos de agradecer também aos nossos irmãos e irmãs, Samuel, Olavo, Paula e Lara, que entre brigas e abraços, nos ensinaram a escolher nossas batalhas (não só as pelo controle remoto). À Raianne, nossa irmã carioca, que antes mesmo de se mudar, já morava conosco. Obrigada por tantos anos de parceria, por ter sido refúgio nos momentos de angústia e ter embarcado nas nossas loucuras de carnaval! Aos nossos familiares e amigos que nos acolheram no Rio de Janeiro, tornando nossa estadia mais leve: hoje nos sentimos um pouquinho mais cariocax! E aos nossos amigos espalhados pelo mundo que, mesmo longe, sempre estiveram por perto.

A jornada foi longa, mas foi extremamente gratificante poder concluí-la sob a orientação das professoras Susanne e Alessandra. Ao compartilharem suas visões e seus conhecimentos, vocês nos impulsionaram a questionar os padrões. Obrigada por terem confiado em nossa capacidade e permitido que nos tornássemos engenheiras químicas “ousadas”. Gostaríamos de agradecer também à Luciana e ao professor Fábio Oroski, que contribuíram para a conclusão deste trabalho com um olhar crítico e inspirador.

Aos microempreendedores, Lua, Charlotte, Cláudio, Mel e Luca, que partilharam de suas vivências e perspectivas para a construção de um estudo mais realista e humano. Aos profissionais da L’Oréal, Igor, Fabiana, João e Paloma, que através de suas vastas experiências técnicas, agregaram com o olhar da indústria sobre sustentabilidade. Às 247 pessoas que cederam o seu tempo para contribuir com nossa pesquisa de consumidor. Obrigada por acreditarem na nossa proposta e embarcarem nessa conosco!

Este não é somente um trabalho de conclusão de curso, mas também um manifesto de nossos valores e ideais construídos ao longo de todos esses anos de graduação. Esperamos que

as reflexões levantadas nas páginas a seguir sejam ponto de partida para novos debates dentro e fora da comunidade acadêmica, levando, assim, à construção de um futuro mais consciente e sustentável.

Resumo

Nas últimas décadas, as crescentes preocupações com as mudanças climáticas têm provocado transformações sustentáveis nos padrões de consumo e de produção ao redor do mundo. Estudos recentes revelam que 45% dos brasileiros preferem comprar de marcas que considera ter responsabilidade social e ambiental. Dessa forma, as empresas de cosméticos e higiene pessoal têm se empenhado em melhorar a pegada ambiental de seus produtos, com foco na gestão responsável dos recursos e na preservação da biodiversidade local. Nesse contexto, os movimentos “*water-free*” e “*plastic-free*” vêm ganhando força, promovendo alternativas inovadoras e disruptivas, como o xampu em barra. Além dos benefícios associados a uma formulação mais concentrada, o produto sólido dispensa o uso de embalagens plásticas, o que poderia minimizar os impactos ambientais na sua produção e descarte. No intuito de verificar se essa é efetivamente uma alternativa mais sustentável, foi realizada uma Avaliação de Ciclo de Vida de um xampu líquido convencional para comparação com dois produtos de xampu sólido: um produzido em condições industriais e outro de forma artesanal. Para a modelagem do xampu líquido, foi adotada a metodologia proposta pela Comissão Europeia, definida nas regras de pegada ambiental de produtos (*Product Environmental Footprint Category Rules - PEFCR*). Já para a modelagem dos xampus sólidos, uma abordagem própria foi desenvolvida. Ademais, foram consideradas as particularidades do ciclo de vida de um produto do Brasil, sendo feita a regionalização dos dados para a fase de uso, distribuição e disposição final. Os resultados de ACV do xampu sólido utilizando o modelo de avaliação de impacto ReCiPe Midpoint (H) indicam seu potencial como solução sustentável, principalmente em termos de mudanças climáticas, eutrofização de água doce, depleção aquática e fóssil, muito significativos na fase de produção das matérias-primas. Por fim, destaca-se a importância do consumidor na redução da pegada ambiental do xampu, uma vez que os consumos de água e energia elétrica no banho são responsáveis pela maioria dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida de todos os produtos.

Palavras-chave: Análise de Ciclo de Vida, Pegada Ambiental, Avaliação de Impactos, Produtos Cosméticos, Xampu, Xampu sólido

Índice de Tabelas

Tabela 3. 1 - Definição dos Produtos.....	32
Tabela 3. 2 - Formulação do xampu líquido.....	33
Tabela 3. 3 - Modelagem do diestearato de etilenoglicol.....	34
Tabela 3. 4 - Formulação do xampu sólido industrial.....	35
Tabela 3. 5 - Formulação do xampu sólido artesanal.....	36
Tabela 3. 6 - Produção anual do óleo essencial de laranja.....	38
Tabela 3. 7 - Definição da embalagem primária do xampu líquido.....	40
Tabela 3. 8 - Modelagem da embalagem primária do xampu líquido.....	41
Tabela 3. 9 - Embalagem primária dos xampus sólidos.....	42
Tabela 3. 10 - Embalagem terciária para xampus industriais.....	43
Tabela 3. 11 - Manufatura do xampu líquido.....	45
Tabela 3. 12 - Manufatura do xampu sólido industrial.....	46
Tabela 3. 13 - Manufatura do xampu sólido artesanal.....	47
Tabela 3. 14 - Potencial de consumo do Brasil.....	48
Tabela 3. 15 - Distribuição dos produtos industriais.....	49
Tabela 3. 16 - Armazenamento dos produtos industriais.....	50
Tabela 3. 17 - Distribuição do xampu sólido artesanal.....	51
Tabela 3. 18 - Modelagem da fase de uso do xampu.....	52
Tabela 3. 19 - Dados extrapolados para o fim de vida das embalagens.....	53
Tabela 3. 20 - Classificação pluviométrica por região brasileira.....	54
Tabela 3. 21 - Destinação das embalagens de acordo com a taxa de infiltração de cada região...	54

Índice de Figuras

Figura 2. 1 - Principais estágios do ciclo de vida de um produto.....	27
Figura 2. 2 - Estrutura da avaliação do ciclo de vida.....	27
Figura 3. 1 - Óleos mais usados nas formulações dos xampus pelo levantamento realizado.....	31
Figura 3. 2 - Embalagens representativas dos produtos em análise.....	32
Figura 3. 3 - Fronteira do sistema para modelagem do óleo essencial.....	39
Figura 3. 4 - Trajetos considerados na distribuição dos xampus industriais.....	48
Figura 3. 5 - Fonte de aquecimento da água do chuveiro no Brasil.....	51
Figura 3. 6 - Fluxograma do ciclo de vida do xampu.....	56
Figura 4. 1 - Avaliação de impactos do xampu líquido industrial.....	57
Figura 4. 2 - Avaliação de impactos do xampu sólido industrial.....	58
Figura 4. 3 - Avaliação de impactos do xampu sólido artesanal.....	58
Figura 4. 4 - Comparação dos três produtos.....	60
Figura 4. 5 - Resultados da pesquisa com consumidores.....	64
Figura 4. 6 - Resultados da pesquisa com consumidores.....	64
Figura 4. 7 - Resultados da pesquisa com consumidores.....	64
Figura 4. 8 - Resultados da pesquisa com consumidores.....	65
Figura 4. 9 - Análise de sensibilidade: dosagem de xampu sólido.....	66

Lista de Siglas

ABS – Alquil benzeno ramificado
BPF – Boas Práticas de Fabricação
CD – Centro de Distribuição
CDP – *Carbon Disclosure Project*
CMC – Concentração Micelar Crítica
DEA – Dietanolamina
EBM – *Extrusion Blow Molding*
EC – Comissão Europeia
GHS – Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos
GLP – Gás liquefeito de petróleo
LAS – Alquil benzeno linear
LCM – Gerenciamento do Ciclo de Vida
MEA – Monoetanolamina
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PAH – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
PEFCR - Regras Categóricas de Pegada Ambiental de Produtos
PET – Polietileno tereftalato
PP – Polipropileno
PS – Poliestireno
HDPE – Polietileno de alta densidade
RSPO - *Roundtable on Sustainable Palm oil*
SCI – Cocoil isetionato de sódio
SLES – Laurel éter sulfato de sódio
SLS – Lauril sulfato de sódio
UHE – Usina hidroelétrica
UV – Raios ultravioleta
OE – Óleo essencial
ONU – Organização das Nações Unidas

Sumário

Epígrafe	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Índice de Tabelas	vi
Índice de Figuras	vii
Lista de Siglas	viii
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica.....	2
2.1. Formulação de Xampus.....	2
2.1.1. Tensoativos.....	2
2.1.2. Espessantes	9
2.1.3. Água	11
2.1.4. Agentes condicionadores.....	12
2.1.5. Fragâncias.....	14
2.1.6. Conservantes	15
2.1.7. Outros agentes	17
2.2. Embalagens para cosméticos.....	18
2.3. Biodegradabilidade em águas residuais	23
2.4. ACV para cosméticos.....	26
3 Metodologia	29
3.1 Definição de produtos para a análise comparativa.....	30
3.2 Produção dos ingredientes.....	32
3.2.1 Produção dos ingredientes do xampu líquido industrial.....	32
3.2.2 Produção dos ingredientes do xampu sólido industrial	35
3.2.3 Produção dos ingredientes do xampu sólido artesanal	36
3.3 Produção das embalagens	40

3.3.1	Embalagem primária do xampu líquido industrial	40
3.3.2	Embalagem primária do xampu sólido industrial e artesanal.....	41
3.3.3	Embalagens secundárias e terciárias	42
3.4	Manufatura dos produtos finais.....	44
3.4.1	Manufatura do xampu líquido industrial	44
3.4.2	Manufatura do xampu sólido industrial.....	45
3.4.3	Manufatura do xampu sólido artesanal	46
3.5	Distribuição e Armazenamento.....	47
3.5.1	Distribuição e armazenamento dos xampus industriais	48
3.5.2	Distribuição e armazenamento do xampu artesanal	50
3.6	Uso	51
3.7	Fim de vida dos produtos	53
3.7.1	Fim de vida das fórmulas de xampu.....	53
3.7.2	Fim de vida das embalagens.....	53
3.8	Ciclo de vida do xampu.....	55
4	Resultados e Discussão	57
4.1	Resultados gerais.....	57
4.2	Comparação dos Produtos.....	60
4.3	Pesquisa com consumidores.....	63
4.4	Análise de Sensibilidade	65
4.5	Sustentabilidade além do ACV	66
5	Conclusões	68
6	Anexos	70
7	Bibliografia	78

1 Introdução

A crescente preocupação com as mudanças climáticas tem fomentado discussões acerca do modelo econômico vigente. Kenneth E. Boulding, conhecido como pai da economia circular moderna, aponta a tendência humana em enxergar os recursos naturais como sendo ilimitados (BOULDING, 1996). Os impactos desse consumo desenfreado são visíveis, como a acumulação de resíduos sólidos no Oceano Pacífico, formando as chamadas ilhas de lixo. Nesse contexto, é evidenciado a necessidade de uma transição para um modelo de economia que busque a integração de processos através da redução e reinserção dos resíduos gerados na cadeia produtiva.

Sob essa perspectiva, têm surgido correntes ambientalistas que propõem novas estratégias para a gestão responsável dos recursos disponíveis. O movimento “*plastic-free*”, por exemplo, alerta para a necessidade de redução do uso de plástico, em especial o plástico de uso único, e sugere sua substituição por matérias-primas consideradas menos nocivas ao meio ambiente. Em paralelo, o movimento “*water-free*” propõe a redução da pegada hídrica dos produtos. Nesse cenário, nota-se uma tendência dos consumidores em buscar alternativas mais sustentáveis: 45% dos brasileiros preferem comprar de marcas que considera ter responsabilidade social e ambiental (ABIHPEC e SEBRAE, 2019).

Consumidores mais conscientes e exigentes têm impulsionado inovações na indústria. Assim, grandes marcas têm assumido compromissos ambientais, como o manifesto da Nova Economia do Plástico (*New Plastics Economy*) lançado pela Fundação Ellen MacArthur e o Fórum Econômico Mundial em 2016. No setor de cosméticos, os esforços têm sido direcionados para a utilização de matérias primas de origem vegetal e orgânica; o desenvolvimento de produtos concentrados; e a escolha de embalagens reduzidas, recicladas ou reutilizadas (ABIHPEC e SEBRAE, 2019). Assim, o xampu sólido tem sido uma aposta global como alternativa sustentável para o xampu líquido convencional.

O presente estudo tem como objetivos comparar a pegada ambiental entre xampus líquido e sólido; identificar oportunidades de melhorias no ciclo de vida desses produtos; e verificar a escolha mais sustentável. Para isso, foram traçados seguintes objetivos específicos:

- Compreender aspectos gerais sobre formulações e processos de manufatura de xampus
- Compreender aspectos gerais sobre as embalagens para xampus e cosméticos
- Contextualizar o xampu sólido no mercado atual

2 Revisão Bibliográfica

2.1. Formulação de Xampus

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa, produtos cosméticos podem ser definidos como:

“(...) preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado. “

Dentre os diferentes produtos de cosméticos, destaca-se nesse estudo o xampu, utilizado tradicionalmente na limpeza dos cabelos e do couro cabeludo. Nota-se, entretanto, que há hoje uma demanda de mercado que busca além dessa propriedade. Isso porque, apesar de não ser vital para os seres humanos, o cabelo possui uma grande importância social, sendo um símbolo de beleza e uma forma de expressão cultural e individual (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001).

Os xampus líquidos tradicionais são geralmente compostos de 80% de água, 10% de surfactantes, cerca de 5% de espessantes, 2% de conservantes, fragrâncias e colorantes e 3% de aditivos de performance (KARSHEVA, GEORGIEVA e HANDJIEVA, 2007). Esses compostos serão abordados a seguir.

2.1.1. Tensoativos

Os tensoativos consistem em moléculas anfifílicas que possuem propriedade detergente e, portanto, permitem a limpeza e a remoção de gorduras. Também chamados de surfactantes, eles são fundamentais na formulação dos xampus, sendo determinantes na seleção dos outros ingredientes. Em virtude disso, sua escolha é extremamente importante para garantir o bom desempenho do xampu (DALTIM, 2011).

A produção desses compostos acompanha a história da humanidade desde pelo menos 600a.C. Há registros de produção de sabão através de um processo rústico, em que gorduras animais eram fervidas com cinzas de madeira, promovendo a reação de saponificação. Foi durante o século XX, porém, que houve um grande avanço dessa indústria, surgindo a

fabricação de tensoativos sintéticos e o uso de reagentes petroquímicos no processo produtivo. (LEITE e BARBOZA, 2010).

Durante esse período, a classe chamada de ABS, sulfonatos de alquil benzeno ramificados, destacou-se no mercado devido ao seu bom desempenho, facilidade de processamento e disponibilidade de matéria-prima. Produzido a partir de derivados do petróleo, esse tipo de surfactante chegou a representar mais de 50% dos detergentes utilizados mundialmente durante a década de 50 e início da década de 60 (GARDINGO, 2010)

Entretanto, estudos posteriores constataram problemas ambientais sérios em relação ao seu uso. Por possuírem cadeias ramificadas, os ABS são dificilmente degradados por microrganismos acarretando no aumento da formação de espumas e dificuldade no tratamento dos efluentes (GARDINGO, 2010). Ademais, a presença dessas espumas em cursos de água impede a penetração de raios solares e a interação entre a atmosfera e a água, podendo levar a morte de seres aquáticos.

Mediante a isso, surgiram diversas legislações em todo o mundo proibindo ou limitando o uso desses tensoativos e incentivando, assim, a substituição por compostos biodegradáveis. No Brasil, essas medidas só foram tomadas em 1976, mais de 10 anos após ações semelhantes serem tomadas na Europa (GARDINGO, 2010).

Atualmente, os surfactantes mais utilizados em produtos de limpeza de modo geral são lauril sulfato de sódio (SLS), lauril éter sulfato de sódio (SLES) e sulfonatos de alquil benzeno lineares (LAS), todos considerados biodegradáveis (WILLIAMS e SCHMITT, 1996). Em termos de formulação, destaca-se o SLS, utilizado na grande maioria dos xampus industriais devido à sua elevada capacidade de limpeza e baixo custo de produção.

Entretanto, uma das grandes questões ambientais referente ao uso do SLS hoje consiste exatamente no seu processo de obtenção. O SLS pode ser fabricado industrialmente a partir de derivados do petróleo ou a partir de fontes vegetais, sendo normalmente utilizado o óleo de palma. No primeiro caso, destacam-se os impactos ambientais gerados pela indústria petroquímica de modo geral, como uso de fontes não renováveis e emissão de carbono. No segundo, revelam-se problemas como desmatamento de florestas nativas e perda de biodiversidade, além de aspectos sociais polêmicos atrelados a ocupação dessas terras e a questões trabalhistas nas plantações.

Em se tratando do óleo de palma, sua demanda global apresentou um aumento de mais de 94% entre 2003 e 2013 (VILLELA, 2014). No Brasil, a produção em 103 mil ha em 2009 cresceu para 236 mil ha em apenas 8 anos (MAPA, 2018), evidenciando uma grande expansão do seu cultivo. Assim, os impactos relacionados à sua agricultura se tornaram cada vez mais

evidentes e revelaram a urgência de um controle produtivo eficiente. Algumas organizações ambientais e empresas têm se movimentado para mudar esse cenário. Destaca-se a RSPO, *Roundtable on Sustainable Palm oil*, que conecta diferentes representantes da cadeia produtiva do óleo de palma no mundo e busca implementar e monitorar parâmetros de sustentabilidade.

Por mais que grande parte da produção de óleo de palma seja direcionada para a indústria de alimentos, essas questões também são relevantes quando pensamos na utilização do SLS. Isso porque, é consensual que há hoje uma tendência das indústrias em buscar alternativas mais verdes. Por conseguinte, nota-se uma movimentação das empresas na substituição de petroquímicos por matérias primas ditas naturais (LEITE, 2010). Entretanto, como foi abordado, a utilização do óleo de palma por si só não garante um viés sustentável para o produto, tendo em vista que os impactos de uso da terra podem superar os impactos de emissão, por exemplo. Assim, é preciso estar atento à prática de *greenwashing*, em que o discurso de sustentabilidade é utilizado para promoção do produto sem haver, de fato, medidas eficazes de redução de impactos ambientais.

Estrutura química e propriedades

A estrutura química dos surfactantes pode ser representada em duas partes. A primeira, chamada de cauda, possui característica apolar e é formada por uma cadeia carbônica, que pode ou não apresentar ramificações e partes cíclicas. Essa porção permite a interação do tensoativo com óleos e gorduras. A segunda, por sua vez, consiste em um grupo funcional polar e é referida como cabeça do tensoativo. Essa porção apresenta concentração de cargas, o que permite sua interação com a água. (DALTIM, 2011)

A existência de uma parte polar e outra apolar concomitantes na molécula é o que permite a limpeza do meio. Isso porque, as moléculas do tensoativos irão se orientar de acordo com essa polaridade, formando agregados moleculares estáveis denominados de micelas. Essas estruturas envolvem a gordura e sujidades presentes no cabelo e permitem sua retirada ao enxaguá-lo. (DALTIM, 2011)

Vale mencionar que a formação de micelas só é possível caso a concentração micelar crítica (CMC) seja atingida, já que em baixas concentrações, as moléculas se orientam na interface de forma independente entre si. Com a saturação da interface, ocorre a migração dos monômeros livres para o interior do solvente acarretando no envolvimento dessas gorduras pelas micelas. A CMC depende da natureza físico-química do surfactante, variando, assim, para cada tipo de tensoativo utilizado (DALTIM, 2011).

Outro ponto interessante referente ao mecanismo de ação dos surfactantes, consiste na possibilidade de interação entre determinados monômeros e as proteínas da pele, causando irritação. O sistema GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos) criado pela ONU, por exemplo, prevê o SLS como produto potencial de irritação a pele e olhos. As micelas, entretanto, não possuem esse efeito e, por isso, é importante que o xampu garanta sua formação de forma efetiva. Para isso, é comum a combinação de diferentes surfactantes para formação de micelas maiores e mais estáveis, diminuindo a quantidade de monômeros livres e, conseqüentemente, atenuando essa irritação. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001).

Classificação

Uma técnica comum na formulação de xampus consiste na utilização de um agente tensoativo principal, responsável pela limpeza profunda dos cabelos; associado a outros tensoativos secundários, que conferem propriedades adicionais, como a menor irritabilidade ou maior estabilidade da espuma, por exemplo. (ISENMANN, 2017)

Os tensoativos são comumente classificados de acordo com a polaridade e comportamento de sua cabeça.

Os *tensoativos aniônicos* apresentam carga negativa verdadeira ao serem dissolvidos em água. Esse grupo consiste nos surfactantes mais amplamente utilizados na indústria de cosméticos, sendo normalmente utilizado como tensoativos primário. Engloba os sabões e detergentes tradicionais (DALTIM, 2011).

Os sabões consistem em sais de ácido graxos e possuem baixa eficácia em água dura, devido a presença de sais de cálcio e magnésio. Os alquil sulfatos, como o SLS, apresentam uma boa performance mesmo nessas condições e, conforme mencionado, é o tensoativo mais utilizado na formulação de xampus. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001)

Outro tensoativo importante consiste nos alquil éter sulfatos, que por possuírem o grupo éter em sua cadeia, são mais solúveis em água que o anterior. Também são considerados menos agressivos à pele e são frequentemente utilizados em xampus para grupos sensíveis (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001), como crianças e pessoas com alergias ou caspa.

Em formulações para xampus sólidos, destaca-se o uso do cocoil isetionato de sódio (SCI). Produzido a partir dos ácidos graxos do óleo de coco, apresenta um alto teor de matéria ativa (>84%) e biodegradabilidade, porém é geralmente encontrado em formulações industriais mais sofisticadas, devido ao seu alto preço de mercado. Dessa maneira, sua aplicação em

produtos sólidos é mais favorável tanto pela consistência quanto pelo custo, já que produtos concentrados frequentemente são comercializados a preços mais elevados.

Já os *tensoativos catiônicos* apresentam carga positiva e, muitas vezes, acabam sendo menos solúveis em água quando comparados ao primeiro grupo. Isso porque é comum que a carga positiva dessas moléculas seja consequente da presença de um nitrogênio quaternário em sua cabeça. Assim, tendo em vista que a eletronegatividade do nitrogênio é maior que a do carbono, há uma neutralização parcial dessa carga, o que acarreta em uma interação menos eficiente com as moléculas de água (DALTIM, 2011).

Esse tipo de tensoativo não é muito utilizado para a limpeza, mas pode ser empregado em menores concentrações como agente condicionante em produtos direcionados para cabelos danificados. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001).

Há também os *tensoativos anfóteros*, que podem se comportar como aniônicos ou catiônicos dependendo do pH do meio dissolvido. Isto é, em um meio básico a cabeça do tensoativo adquire carga negativa e, em meio ácido, positiva. Esse produto, entretanto, possui um valor de mercado mais elevado devido a sua maior complexidade e versatilidade.

Surfactantes anfotéricos são frequentemente utilizados em conjunto com os aniônicos, afim de se criar um complexo mais brando e com micelas maiores. Dessa forma, a irritabilidade do xampu é atenuada, podendo inclusive ser direcionado para grupos sensíveis. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001)

Representantes típicos desse grupo apresentam o grupo betaína em sua estrutura, em que há um nitrogênio quaternário (carga positiva) e um ácido carboxílico (carga negativa), vide alquil betainas e alquil amido betainas. Destaca-se aqui a cocoamidopropil betaina, muito utilizada em formulações de xampus por ser um surfactante suave, com preço relativamente mais baixo e que apresenta boas propriedades também como espessante e estabilizador de espuma (WILLIAMS e SCHMITT, 1996).

Por fim, tem-se os *tensoativos não-iônicos*, que devido a inexistência de cargas verdadeiras, são considerados os mais brandos. Sua solubilidade em água é também menor quando comparada às outras classes. Esses surfactantes, assim como os anfóteros, podem ser utilizados como tensoativo secundário para diminuição da irritabilidade cutânea e ocular. Representantes típicos desse grupo são as alcanolamidas e tensoativos etoxilados, sendo o primeiro frequentemente incorporado para estabilização da espuma e aumento da viscosidade, o que será abordado posteriormente. Em relação ao segundo, destaca-se sua utilização na solubilização de fragrâncias e aditivos oleosos (WILLIAMS e SCHMITT, 1996).

Síntese de tensoativos

A síntese de tensoativos irá variar para cada tipo de matéria-prima utilizada e produto desejado. A saponificação, mencionada anteriormente, é o método mais clássico, em que triglicerídeos presentes em gorduras e óleos reagem com uma base orgânica, formando assim glicerina como subproduto e o sabão, um sal de ácido graxo (DALTIM, 2011).

Para síntese de outros surfactantes, porém, o processo pode ser mais complexo. Nos casos do SLS e de SLES, é necessário primeiramente produzir um álcool graxo, seja a partir de fontes petroquímicas ou a partir de óleos vegetais. No primeiro caso, pode-se realizar o processo de Ziegler ou processo de Hidroformilação para obtenção do álcool graxo. (SHAH, ARSLAN, *et al.*, 2016)

Já quando se parte do óleo vegetal, é necessário inicialmente realizar a hidrólise dos triglicerídeos, obtendo assim ácidos graxos e glicerina, que podem ser facilmente separados em um decantador. Em seguida, esses ácidos graxos passam por uma destilação para seleção daqueles com cadeias carbônicas entre 12 e 18. A partir daí é realizada a esterificação com adição de metanol, seguida pela hidrogenação, formando assim os álcoois graxos. Por fim, é realizado novamente a destilação, agora para separação daqueles com cadeia carbônica de tamanho 12, que serão utilizados para produção do SLS (ULTRAPAR, 2018) (WARRA, 2012)

A partir desses álcoois graxos, realiza-se então a sulfatação com ácido sulfúrico e, posteriormente, sua neutralização com algum reagente básico, como hidróxido de sódio ou carbonato de sódio. Assim, obtém-se o SLS como produto final. Já no caso do SLES, é realizado a etoxilação em uma etapa anterior à sulfatação. (DALTIM, 2011) Vale mencionar que, mesmo produzindo o tensoativo a partir de uma fonte vegetal, ainda podem ser utilizados reagentes provenientes do petróleo, vide ácido sulfúrico, metanol e óxido de etileno.

ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

Uma das primeiras tendências sustentáveis em termos de surfactantes deu-se, na verdade, a partir de mudanças na legislação. No Brasil, é proibido a utilização de tensoativos aniônicos não biodegradáveis. Esse conceito, de acordo com a ANVISA, consiste na capacidade de degradação molecular do agente tensoativo a partir da ação de organismos vivos presentes no meio ambiente (ANVISA, 2015). Normalmente, tensoativos biodegradáveis apresentam cadeias lineares e podem ser oriundos de fontes naturais ou petroquímicas.

Outra tendência importante consiste exatamente na fonte de matéria prima utilizada. Os tensoativos produzidos a partir de fontes petroquímicas têm sido gradativamente substituídos

com o intuito de diminuição na emissão de gases do efeito estufa (DELEU e PAQUOT, 2004). Nesse cenário, nota-se a utilização de triglicerídeos naturais para a síntese de surfactantes, destacam-se o óleo de palma e de coco (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014).

Óleo de Palma

Em termos de formulação de xampus, é comum a utilização do óleo de palma para produção do SLS (SHAH, ARSLAN, *et al.*, 2016). Entretanto, conforme abordado anteriormente, há controvérsias no âmbito sustentável dessa prática devido aos aspectos relacionados ao desmatamento para cultivo da palma.

Em 2016, foi realizado uma análise de ciclo de vida do óleo de palma certificado pelo *RSPO* em comparação ao não certificado. Os resultados mostraram uma redução de 35% na emissão de GHG (*greenhouse gases* ou, em português, gases do efeito estufa) e de 20% em termos de impacto na biodiversidade (CONSULTANTS, 2019). Contudo, esse estudo considerou a produção na Malásia e Indonésia, enquanto no Brasil somente o grupo Agropalma possui tal certificação (RSPO, 2020)

A grande vantagem do óleo de palma em comparação a outros óleos tradicionais, como girassol, soja ou canola, consiste em seu maior rendimento por terra cultivada. O problema está em como a ampliação das áreas plantadas tem sido feita. No Brasil, estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPE) revelou que quase 40% das áreas de cultivo são provenientes do desmatamento de florestas, principalmente na área da Amazônia (IPE, 2016)

Dentro desse contexto, algumas das grandes empresas de cosméticos têm se posicionado a respeito do assunto, firmando compromissos e estabelecendo metas para garantir uma procedência sustentável de seus produtos (L'OREAL, 2018) (UNILEVER, 2019). Todavia, ainda é possível ver notícias de aquisições por marcas globais de óleo de palma provenientes de áreas de produções agrícolas com práticas não sustentáveis (GREENPEACE, 2019).

Óleo de Coco

Outro óleo vegetal muito utilizado, principalmente quando se fala de produção de xampus sólidos, é o de coco. O óleo de coco é composto por uma mistura de ácidos de graxos com cadeias intermediárias, prevalecendo o ácido láurico (48%) e mirístico (aproximadamente 18%) (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001). Para a produção do cocoato de sódio é realizado a saponificação desses ácidos com hidróxido de sódio, formando assim uma mistura de

tensoativos aniônicos com cadeias diversas em que prevalece o laurato de sódio. O SCI, por sua vez, é produzido a partir da reação entre esses ácidos graxos com isetonato de sódio.

Biosurfactantes

Os chamados biosurfactantes têm sido amplamente estudados como uma possibilidade de substituição aos surfactantes sintéticos. Produzidos por seres vivos, como fungos, bactérias e algas, esses compostos geralmente apresentam menor toxicidade e maior biodegradabilidade que os surfactantes tradicionais (DE, MALIK, *et al.*, 2015). Podem ser produzidos a partir de óleos, açúcares, resíduos vegetais e também a partir de biotransformações de hidrocarbonetos do petróleo (MORAIS e ANGELIS, 2012/2). Assim como os tensoativos tradicionais, eles apresentam em sua estrutura uma parte hidrofílica e outra lipofílica. A primeira, normalmente proveniente de peptídeos, aminoácidos ou sacarídeos; a segunda, de ácidos graxos (MORAIS e ANGELIS, 2012/2).

Há ainda algumas adversidades relevantes em termos de sua produção, como seu alto custo em larga escala, dificuldades nos processos de purificação e baixa produtividade. Uma alternativa para o primeiro problema é a utilização de substratos com baixo valor agregado, como resíduos vegetais (DE, MALIK, *et al.*, 2015).

Em termos de aplicação para indústria de cosméticos, os biotensoativos são tidos como uma promessa pela possibilidade de ampliação da produção sem aumento das áreas de plantio. Além disso, estudos mostram serem menos irritantes à pele e possuírem outras propriedades interessantes, como sua boa performance como emulsificantes (VECINO, CRUZ, *et al.*, 2017).

2.1.2. Espessantes

Os espessantes são utilizados para aumentar a viscosidade do xampu e a estabilidade da espuma formada durante seu uso. A garantia da consistência desejada do produto é fundamental não só para adequação da embalagem escolhida, mas também para corresponder às expectativas do cliente. Uma maior viscosidade do xampu é popularmente associada a um maior rendimento e qualidade do produto, apesar dessa relação direta ser fictícia (CHIROLI, CAMPOS e DA SILVA, 2013) (CALEFFI, HEIDEMANN e MOSER).

A adição de um espessante acarreta em alterações nas propriedades reológicas e estéticas do fluido. Assim, para uma escolha adequada é necessária uma análise minuciosa da formulação do xampu, considerando principalmente os tensoativos presentes. Isso porque, a

viscosidade de soluções surfactantes normalmente depende do tamanho, formato e densidade de carga das micelas (SUBIRATS, 2019). Dentre os espessantes mais comuns, destacam-se os eletrólitos, as alcanolamidas, os materiais poliméricos e as gomas naturais.

Eletrólitos

A adição de eletrólitos consiste no método mais barato e eficiente para aumentar a viscosidade do xampu e, por isso, estes são os agentes espessantes mais utilizados (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001), destacando-se o cloreto de sódio (CALEFFI, HEIDEMANN e MOSER).

O aumento de viscosidade, nesse caso, se dá pela redução da carga, acarretando na alteração geométrica micelar, que passam de esférica para tubular. Como consequência, há uma compactação dessas micelas, aumentando a viscosidade do fluido. Entretanto, vale destacar que esse aumento de viscosidade é limitado e, após atingir um valor máximo, a adição do sal implica em uma queda brusca de viscosidade e turvação da solução. Assim, é comum a utilização do eletrólito em conjunto com outro espessante (CHIROLI, CAMPOS e DA SILVA, 2013).

Alcanolamidas e derivados

As alcanolamidas consistem em amidas de ácidos graxos, que podem ser obtidas a partir de óleos vegetais. São compostos não iônicos e apresentam um relativo baixo peso molecular (KORTEMEIER, VENZMER, *et al.*, 2010). Sua adição acarreta em alterações na curva de sal da solução, sendo necessário uma menor quantidade de eletrólitos para alcançar a viscosidade desejada (KARSHEVA, GEORGIEVA e HANDJIEVA, 2007).

Esse grupo é amplamente utilizado em cosméticos devido não só a sua capacidade como espessante, mas também a outras propriedades funcionais. Destaca-se seu efeito condicionante e sua capacidade como estabilizador de espuma, além de fornecer aspecto perolado ao produto (WILLIAMS e SCHMITT, 1996).

A dietanolamida de coco (*coconut diethanolamide*), é um dos espessantes mais populares, sendo o mais utilizado no Reino Unido. Pode ser produzida a partir da reação entre os ácidos graxos presentes no óleo de coco com a dietanolamina (DEA) (WILLIAMS e SCHMITT, 1996). Nessa síntese, há formação também de glicerina, que pode ser separada por decantação ou incorporada no xampu.

As monoetanolamidas (*monoethanolamide*) também podem ser utilizadas e, geralmente, são inclusive mais eficientes como espessantes e estabilizadores de espuma. Entretanto, por serem sólidas, requerem um maior gasto energético para serem incorporadas ao xampu (WILLIAMS e SCHMITT, 1996).

Polímeros

Alguns polímeros foram desenvolvidos como alternativas para sistemas em que a adição de alcanolamidas ou eletrólitos não eram eficientes (WILLIAMS e SCHMITT, 1996). Os chamados PEGs consistem nos mais populares na indústria de cosméticos (CHIROLI, CAMPOS e DA SILVA, 2013) e sua síntese se dá a partir da polimerização do etilenoglicol. Além destes, destacam-se também os copolímeros de ácido acrílico ou carbômeros. Uma vantagem desses composto consiste na manutenção de certas substâncias ativas em suspensão, como agentes insolúveis e pigmentos (CHIROLI, CAMPOS e DA SILVA, 2013).

Gomas naturais e derivados da celulose

Outra classe de matéria-prima que pode ser utilizada como espessante consiste em materiais poliméricos naturais como as gomas guar, xantana, arábica, karaya, adraganta etc. Entretanto, é mais comum a aplicação desses compostos na indústria alimentícia (CHIROLI, CAMPOS e DA SILVA, 2013). Já os derivados de celulose, como hidroxietilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose e hidroxipropilcelulose, podem ser encontrados em alguns cosméticos.

Esses materiais, entretanto, não são tão populares na formulação de xampus devido às dificuldades de incorporação. A formação de grandes agregados acarreta na necessidade de sistemas de alta velocidade de mistura, tornando o processamento mais complexo e lento. (WILLIAMS e SCHMITT, 1996)

2.1.3. Água

Uma das grandes diferenças entre o xampu tradicional e o xampu em barra fundamenta-se exatamente na utilização ou não de água em sua formulação. Enquanto nos xampus líquidos a água representa cerca de 80% de sua composição (KARSHEVA, GEORGIEVA e HANDJIEVA, 2007), nos sólidos, esse recurso natural pode até mesmo estar ausente.

Outro ponto interessante consiste em uma maior estabilidade microbiológica de xampus sólidos. A redução de água os tornam menos propícios para o crescimento de organismos patogênicos, portanto o uso de preservativos também é reduzido ou até eliminado de suas formulações (GUBITOSA, RIZZI, *et al.*, 2019).

Quanto aos xampus líquidos tradicionais, destaca-se a necessidade de um controle eficiente de qualidade da água de processo. Isso porque a presença de contaminantes pode não só acarretar em alterações na qualidade do produto, mas também apresentar riscos à saúde do consumidor. Assim, é imprescindível a adequação à legislação vigente.

Apesar da resolução RDC 48 da ANVISA referente às Boas Práticas de Fabricação (BPF) exigir somente a garantia de potabilidade da água, a Farmacopeia Brasileira aponta a necessidade da utilização de água purificada para a produção de cosméticos. Ainda de acordo com esse documento, a água potável deve ser empregada somente em procedimentos de limpeza gerais e como fonte de alimentação para os sistemas de tratamento (ANVISA, 2013).

Assim, na prática, a norma RDC 17, que estabelece as BPF para medicamentos, pode ser estendida para indústria de cosméticos em termos de qualidade da água necessária. Esse documento exige dos fabricantes o monitoramento constante da qualidade química e microbiológica da água, que deve ser realizado em sua produção, armazenamento e distribuição. Também reitera a necessidade da realização de testes periódicos para confirmação do atendimento aos padrões exigidos bem como políticas e programas de manutenção e controle de contaminação de todo o sistema de água (ANVISA, 2010).

Em comparação à água potável, a água purificada possui padrões mais rigorosos, tendo em vista que há a remoção quase total dos íons, minerais e metais pesados presentes. Produzida a partir da água potável, são realizados processos de tratamento mais sensíveis como deionização, osmose reversa, ultrafiltração e eletro-deionização, sendo comum o emprego dessas tecnologias de forma combinada (ANVISA, 2013)

No Brasil, o processo por troca iônica se tornou mais comum devido à sua maior facilidade operacional, seu baixo custo e sua alta taxa de recuperação de água (Bioquímica Brasil, 2019)

2.1.4. Agentes condicionadores

Os agentes condicionadores são muitas vezes incorporados aos xampus como forma de atenuar contratempos gerados pela ação dos tensoativos primários. Isso porque a limpeza profunda pode deixar os cabelos desgrehados, ásperos e difíceis de pentear. Os agentes

condicionadores, por sua vez, são capazes de reduzir a presença dessas cargas nos fios, propiciando assim uma maior maleabilidade e brilho aos cabelos (WILLIAMS e SCHMITT, 1996),

Em virtude disso, esses agentes normalmente apresentam caráter catiônico o que, geralmente, os tornam incompatíveis com os tensoativos aniônicos presentes no xampu. Surfactantes catiônicos, como os compostos quaternários mencionados previamente, por exemplo, são amplamente utilizados em condicionadores, mas normalmente não são aplicáveis para xampus. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014). Algumas estratégias, porém, podem ser utilizadas para melhorar essa compatibilidade, como, por exemplo, a adição simultânea de um surfactante anfótero na formulação do xampu, reduzindo, assim, o seu caráter aniônico. (WILLIAMS e SCHMITT, 1996).

Outra estratégia consiste na redução direta da densidade de carga do surfactante e/ou do agente condicionador por meio da adição de grupos hidrofílicos. A etoxilação do SLS, por exemplo, leva à formação do SLES, que apresenta maior compatibilidade com agentes condicionares. De forma análoga, tem-se os condicionadores quaternários etoxilados (*ethoquats*). Entretanto, vale mencionar que a adição desses grupos pode reduzir sua eficiência. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014)

Há ainda os compostos catiônicos poliméricos, que apresentam em sua estrutura polímeros naturais ou sintéticos ligados a grupos catiônicos. Destacam-se o polyquaternium-10 e polyquaternium-7, amplamente utilizados em formulações de xampus devido não só à sua boa compatibilidade com surfactantes aniônicos, mas também ao seu excelente desempenho como condicionador. (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014). Ambos apresentam uma boa adesão ao cabelo, formando uma película protetora e deixando os cabelos mais macios e com brilho.

Como alternativa aos compostos catiônicos, os silicones têm sido cada vez mais utilizados em produtos capilares. Normalmente, eles apresentam uma boa espalhabilidade e também são capazes de formar uma película protetora sobre os fios dando um aspecto agradável aos cabelos. Muitos silicones, porém, são insolúveis em água e, por isso, devem ser emulsificados. Dentre os mais populares, destacam-se dimethicone, dimethiconol, dimethicone copolyol, e silicone quats (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014).

Outras substâncias também podem ser utilizadas como agentes condicionadores, vide óleos vegetais e extratos herbais, lanolina e seus derivados, glicerina, entre outros (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2014). Em se tratando de xampus em barra artesanais, nota-se que há uma preferência por tais matérias-primas mais naturais.

2.1.5. Fragâncias

Fragâncias são amplamente usadas na indústria de cosméticos para conferir um aspecto estético ao produto e realizam um papel importante ao mascarar os odores suaves derivados das matérias primas na formulação. Com isso, a harmonização entre a fragância e o odor base é essencial para se obter um aroma final agradável ao consumidor (D. H. PYBUS).

Há também estudos que afirmam que muitas pessoas associam a fragância com a performance do produto, já que a sensação de limpeza e nutrição muitas vezes é atribuída ao perfume que é sentido após a sua aplicação (D. H. PYBUS). Além disso, algumas fragâncias apresentam atividade antimicrobiana, especialmente contra bactérias, assumindo um papel complementar aos conservantes e, em casos raros, podendo até a substituí-los na formulação de cosméticos.

Fragâncias podem ser divididas em dois grupos: as naturais, que são provenientes de origem animal ou vegetal; e as sintéticas, que são produzidas artificialmente através de diversas matérias primas. Tradicionalmente, eram obtidas a partir de extratos de almíscar do cervo do veado, castóreo do castor, âmbar de baleia, entre outros. Com os avanços tecnológicos e os crescentes movimentos de proteção animal, substitutos sintéticos para os componentes ativos já são possíveis de serem produzidos industrialmente, a custos bem menores.

Muitos extratos vegetais podem ser utilizados na fabricação de perfumes por uma variedade de métodos. Destacam-se a extração a vapor, que produz os popularmente conhecidos como “óleos essenciais”, e a extração por solvente, mais especificamente por etanol, que tem como produto final os “resinoides”. Diferentes partes da planta podem ser usadas para produzir extratos olfativos distintos, como é o caso das árvores de laranja-azeda. Entre as plantas mais usadas para a produção de fragâncias estão o alecrim, rosa, capim-limão, cominho e jasmim (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001).

A busca por novas essências é a alma dos fabricantes de aromas sintéticos, que dispõem de moléculas de complexidades variadas, desde as mais simples como os ésteres, aldeídos e álcoois até moléculas macrocíclicas como o ciclopentadecanolido. O primeiro fator determinante no desenvolvimento de novas moléculas é a toxicologia e segurança de manuseio e aplicação, para garantir a saúde dos operadores fabris e consumidores, já que fragâncias, assim como os conservantes, são os principais alergênicos na indústria de cosméticos (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001).

O segundo é a estabilidade da molécula em meio à formulação, para que tanto o perfume como as propriedades físico-químicas do produto sejam preservadas durante a vida útil do xampu. Aditivos são bastante usados para conferir estabilidade, como é o caso de absorventes de UV em fragrâncias hidroalcoólicas, que são bastante sensíveis à luz. Um outro fator importante é o pH ideal do meio, que varia de acordo com o produto de cosmético em questão. Para fragrâncias de xampus, o pH ótimo gira em torno de 8.3 (ROWE, 2005).

O perfume também pode causar alterações na viscosidade do xampu, que pode ser ajustada pela dosagem do espessante. Reações indesejadas entre as moléculas de fragrâncias e determinadas matérias primas podem ainda causar a descoloração da fórmula, como acontece com agentes anti-caspa tais como o antifúngico piroctone olamina. (ROWE, 2005)

2.1.6. Conservantes

A estabilidade de um xampu pode ser avaliada por aspectos físicos (como reologia, separação de fases aquosa/oleosa), químicos (oxidação, tamponagem) ou biológicos (crescimento microbiano). A degradação de produtos cosméticos por microrganismos pode ser identificada através de mudanças de coloração, produção de gases e odores, mudança de viscosidade, entre outros. A fonte de contaminação pode ser problemas de higienização na fábrica e equipamentos, embalagens e matérias primas contaminadas (principalmente as de origem botânica), a qualidade da água utilizada, e até mesmo em contato o próprio consumidor. Emulsificantes naturais, óleos vegetais e parafinas líquidas também podem ser vetores de contaminação, como é o caso do óleo de amendoim que pode conter espécies de *aspergillus* (ISENMANN, 2017).

Uma vez que xampus apresentam um alto teor de água, conservantes são amplamente utilizados para preservar o produto de bactérias, fungos e outros microrganismos. São preferencialmente adicionados à fase aquosa, já que é mais propensa ao ataque microbiano do que a oleosa. Em casos raros, como em formulações com altos teores de tensoativos, conservantes podem ser dispensados, apesar de não ser o usual (HALLA, FERNANDES, *et al.*, 2018).

São divididos em diversas classes, de acordo com suas estruturas moleculares: aldeídos e liberadores de formaldeído; ácidos orgânicos; álcoois e fenóis; isotiazolinonas; biguanidas; compostos de amônio quaternário (QAC), que são os próprios surfactantes catiônicos; compostos de nitrogênio; derivados de metais pesados; e compostos inorgânicos, como é o

caso do thimerosal, sulfitos e bissulfitos, respectivamente (HALLA, FERNANDES, *et al.*, 2018).

No primeiro grupo estão os compostos conhecidos como doadores de formaldeídos, que liberam formol gradativamente conforme se decompõem durante o uso, como é o caso do quartenium-15, 1,3-Dimetilol-5 e dimetil-hidantoína (DMDM hidantoína) (ESCAMILLA, FERRER, *et al.*, 2012) .

Um dos conservantes doadores de formol mais utilizados na indústria de cosméticos é a imidazolidinil ureia. Por apresentar melhor proteção contra bactérias do que fungos, é comumente combinada à parabenos na formulação para a obtenção de um sistema conservante mais amplo. Parabenos, por sua vez, são bastante empregados por apresentarem baixa toxicidade e serem eficazes contra a maioria dos fungos e bactérias Gram positivas, além de seu baixo custo (BAREL, PAYE e MAIBACH, 2001) (NCI, 2003).

No segundo grupo estão os ácidos orgânicos, cuja eficácia microbiana está diretamente associada ao pH do meio, uma vez que é mais presente na sua forma dissociada. Entre os mais relevantes estão o ácido benzoico, ácido salicílico, ácido fórmico e ácido cítrico. O benzoato de sódio, que é o sal do ácido benzoico, é um importante conservante utilizado na indústria por ser um potente agente antifúngico e apresentar certa eficácia contra bactérias. Geralmente é combinado a outros compostos para a obtenção de um espectro mais amplo contra microorganismos, como em formulações com sorbato de potássio, em produtos de baixo pH, para combater leveduras e bolores (CHEMICAL, 2019) (HALLA, FERNANDES, *et al.*, 2018).

Em seguida, temos os álcoois e fenóis. Os conservantes dessa classe são os parabenos, triclosan, clorobutanol, o-fenilfenol, clorocresol, fenoxipropanol, entre outros. São substâncias com propriedades antimicrobianas eficazes. A ação deles é bactericida, especialmente contra bacilos resistentes a ácidos. O mecanismo de ação do álcool está relacionado com a desnaturação de proteínas ou inibição da síntese por diversos mecanismos (HALLA, FERNANDES, *et al.*, 2018).

Já o conhecido e polêmico Kathon CG pertence à família das isotiazolinonas, cuja atividade está relacionada com os grupos tiol e amina de suas estruturas. Entretanto, esses compostos têm sido cada vez menos utilizados devido ao grande número de reações alérgicas reportadas por consumidores e dermatologistas. Por fim, o outro importante grupo de conservantes é o das biguanidas, que são reconhecidas por sua atividade antimicrobiana, sendo usadas tanto como anti-sépticos quanto conservantes. As biguanidas mais lipofílicas são as

mais ativas, sendo que sua eficácia aumenta em função do comprimento da ponte dos metilenos (HALLA, FERNANDES, *et al.*, 2018).

2.1.7. Outros agentes

Estabilizadores de espuma

A boa formação de espuma é, muitas vezes, erroneamente associada à capacidade de limpeza do xampu. De qualquer forma, esse aspecto se tornou um importante critério de avaliação dos consumidores (KUMAR, MALI e ^o, 2010). De acordo com (ISENMANN, 2017), há uma preferência por produtos que formam uma espuma fina e abundante, composta por pequenas bolhas uniformes e que dão a sensação de suavidade

O xampu, ao ser aplicado nos cabelos molhados, deve ser espalhado e massageado no couro cabeludo. Durante essa agitação, bolhas de ar acabam entrando na solução e são recobertas pelos tensoativos, formando assim um filme líquido sobre elas. Quanto mais espesso esse filme, maior será o tempo de vida da bolha e, conseqüentemente, maior o volume de espuma formado. Em geral, um tensoativo primário com cargas maiores forma filmes mais espessos (DALTIM, 2011)

Nota-se, entretanto, que esse efeito desloca parte dos tensoativos para a superfície, fazendo com que haja uma menor quantidade de micelas disponíveis para realizar a limpeza efetiva do cabelo. Isso explica porque a associação direta entre espuma e eficiência do xampu é algo equivocado (DALTIM, 2011).

Mediante a isso, é comum a utilização agentes que estabilizam e modificam a estrutura da espuma, de modo a garantir sua formação sem comprometer tanto a limpeza dos cabelos. Muitos desses agentes são multifuncionais e já foram aqui mencionados. Destacam-se as alcanolamidas, alguns surfactantes anfotéricos (como as betainas e óxidos de aminas), derivados de celulose e proteínas hidrolisadas. (WILLIAMS e SCHMITT, 1996)

Reguladores de pH

Outro aditivo fundamental na formulação de xampus são os reguladores de pH. Esses agentes podem ser acidulantes, alcalinizantes, neutralizantes ou sistemas de solução tampão (AMIRALIAN e FERNANDES, 2018). Entretanto, geralmente, o último é mais utilizado, tendo em vista que esses sistemas não só ajustam, mas também evitam variações bruscas do pH do meio (ISENMANN, 2017).

A manutenção do pH ideal é importante tanto para prevenir irritações na pele e nos olhos, quanto para garantir a eficiência de limpeza do xampu. Isso porque os tensoativos iônicos são originados da dissociação de um sal em meio aquoso e, sendo assim, são diretamente influenciados pelo pH do meio. A dissociação de sais de ácido graxos (sabões), por exemplo, só ocorre em meios mais básicos, tendo pouca ação de limpeza em meios mais ácidos. Em contrapartida, surfactantes como SLS e SLES, provenientes de ácidos mais fortes, conseguem ter uma boa eficiência mesmo em meios com pH mais baixos (ISENMANN, 2017).

Mediante a tudo isso, idealmente, busca-se um pH do xampu entre 5 e 6. Sistemas de tampão comuns em xampus são citrato/ácido cítrico, lactato/ácido láctico, fosfato/ácido fosfórico e bórax/ácido bórico (ISENMANN, 2017).

2.2. Embalagens para cosméticos

As principais funcionalidades de embalagens estão associadas ao transporte, armazenamento e conservação de produtos, porém cada vez mais desempenham um papel significativo na decisão de compra do consumidor. Um estudo realizado pelo *Observatoire All 4 Pack* apontou que 82% das embalagens têm um impacto sobre produtos de todos os segmentos, em especial na indústria de cosméticos (92%). Desde um rótulo atrativo ou que contenha informações relevantes até um formato inovador que facilite a utilização do produto, é inegável que as embalagens são o fator de principal diferenciação das marcas nas prateleiras (ABIHPEC e SEBRAE, 2019).

Nas indústrias alimentícias e de higiene pessoal, especificamente, a utilização de resinas plásticas revolucionou o mercado no mundo pós Segunda-Guerra Mundial pela variedade de formas e cores possíveis de serem trabalhadas em um material leve e barato (MEIKLE, 1995). Estima-se que 40% do plástico produzido no mundo é utilizado para a produção de embalagens, e praticamente metade de todo o plástico virgem produzido entre 1950 e 2016 foi feito depois dos anos 2000. Está muito claro hoje que este material se tornou um dos mais relevantes na indústria de embalagens e a projeção é que a sua produção aumente em 40% até 2030 (WWF, 2019).

2.2.1. Características das embalagens de cosméticos

A indústria de cosméticos oferece aos consumidores uma infinidade de produtos de beleza, cada vez mais personalizados e inovadores. Suas embalagens, que assumem as mais variadas formas, podem ser classificadas como primárias, secundárias e terciárias.

Primárias

São embalagens que entram diretamente em contato com a fórmula do produto. Cada formato apresenta uma experiência de uso diferente e sua aplicação para cada produto é determinada a partir de fatores como viscosidade da fórmula, custo, público alvo, etc. Exemplos das principais embalagens primárias encontradas no mercado de cosméticos (GUIMARÃES, 2020):

- Frasco + tampa
- Frasco + válvula (pump)
- Pote + Tampa
- Bisnaga (ou tubo) + tampa
- Sachet (ou Pouch)

Secundárias

São embalagens que servem de proteção para a embalagem primária como cartuchos de papel, podendo conter outros itens em seu interior como acessórios, bulas, etc. Também são utilizadas para agregar valor ao produto, chamar mais atenção no ponto de venda ou garantir a inviolabilidade da embalagem primária. (ANVISA, 2020)

Terciárias

Embalagens como caixas de embarque. São importantes para a organização dos produtos finais em pallets para a posterior distribuição nas redes de varejo (GUIMARÃES, 2020).

2.2.2. Embalagens para xampu líquido

A maioria dos xampus líquidos disponíveis nos supermercados, lojas de conveniência e farmácias, apresentam embalagens plásticas como frascos com tampa, mas também podem ser encontrados em bisnaga ou em frasco com válvula.

Frascos são embalagens comumente utilizadas em xampus e condicionadores, mas que estão presentes também no ramo de sabonetes líquidos, óleos, cremes, etc. Podem ser fabricados a partir de diversas resinas plásticas, sendo HDPE, PET e PP as principais delas. Frascos em polietileno, a resina mais usada para esta aplicação, geralmente são produzidos por um processo de transformação chamado extrusão por sopro (do inglês: *Extrusion Blow Molding* – EBM). Neste processo, a resina plástica em forma de pellets é derretida e extrusada em um “parison”, que consiste em um tubo com um orifício em uma das extremidades por onde ar comprimido passa. Este parison é então capturado por um molde e o ar é soprado para o seu interior, inflando-o no formato da embalagem desejada. Uma vez que o plástico é resfriado, o molde é aberto e a peça recém-formada é ejetada (GUIMARÃES, 2020).

Tampas são utilizadas para abrir e fechar o recipiente, protegendo-o da umidade ou ressecamento, garantindo sua vedação durante o transporte e reutilização do produto. A maioria das tampas de xampus disponíveis no mercado são em HDPE ou PP e podem apresentar diferentes formas de uso, dependendo da aplicação do produto. Componentes pequenos e que requerem dimensões mais bem parametrizadas como tampas são produzidos por um processo chamado moldagem por injeção, no qual a resina é aquecida até sua plastificação e é diretamente injetada na cavidade da forma. Ao entrar em contato com as paredes frias do molde, o material é resfriado até sua solidificação e, então, o componente é ejetado. As temperaturas dos processos de sopro, extrusão e injeção são na faixa de 185°C, 220°C e 260°C, respectivamente (GUIMARÃES, 2020).

2.2.3. Masterbatch

Masterbatchs são veículos poliméricos concentrados de pigmentos e aditivos que são incorporados a resinas termoplásticas (ex: PP, PE, PS) durante o processo de transformação a fim de colorir e atribuir propriedades como estabilidade térmica, proteção à radiação ultravioleta (UV), resistência à propagação de chamas, efeito bactericida, dissipação de calor e condutividade elétrica e térmica (Master e Pigmento, 2020). O processo de fabricação de

masterbatches envolve a plastificação do veículo polimérico, que deve ser compatível com a resina da embalagem a ser colorida, para a adição dos pigmentos e aditivos e sua homogeneização. Posteriormente, passa por uma extrusão e granulação para que o produto final possa adquirir uma consistência trabalhável na indústria de transformação. Em geral, aplicações do masterbatch na composição final do componente da embalagem variam entre 1% e 5%, dependendo da panóplia de cores aprovada pelo cliente.

Com a crescente preocupação sobre os impactos ao meio ambiente e saúde das pessoas, cada vez mais os fabricantes de masterbatches têm substituído pigmentos que contêm metais pesados como cádmio, cromo e chumbo, por pigmentos a base de corantes orgânicos e minerais. Outra questão que tem sido muito discutida é a utilização do pigmento negro de fumo para embalagens de coloração mais escura, que é obtido através da fuligem gerada na decomposição térmica (pirólise do piche) ou combustão parcial de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos na produção de combustíveis. Além dos resíduos tóxicos gerados nestes processos, a fuligem ainda contém hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), cujos efeitos carcinogênicos são comprovados (SANTOS, 2013)

2.2.4. Tecnologias de decoração

Todos os produtos disponíveis para venda exigem algum tipo de comunicação com o consumidor. A Anvisa estabelece através da Resolução RDC 250/2018, os requisitos obrigatórios de rotulagem e alegações acerca da segurança e benefícios do produto, tais como lote, prazo de validade e origem de fabricação. (ANVISA, 2020)

Além disso, o rótulo serve ainda como fonte de informações relevantes para o fomento da cadeia de reciclagem. Em 2011, a ABRE (Associação Brasileira de Embalagens) estabeleceu junto ao Ministério do Meio Ambiente, diretrizes de rotulagem e auto declarações ambientais para a identificação dos materiais de cada componente de embalagem através da simbologia técnica e descarte seletivo conforme as normas ISO e ABNT. A ABRE também orienta as empresas em como criar declarações de compromisso sustentável de forma que sejam confiáveis e reproduzíveis, garantindo maior transparência para os consumidores. (Diretrizes de Rotulagem Ambiental para Embalagens, 2012)

Rótulos são disponibilizados pelos seus fabricantes em bobinas que possuem três camadas: a frontal, geralmente é um filme de PET, PE ou BOPP (Polipropileno Biorientado), que contém a arte impressa (frequentemente por tecnologia em *offset*); um adesivo, que garante

a aderência do rótulo na parede da embalagem; e o suporte (em inglês, *liner*), que é geralmente um papel glassine ou *kraft*, e tem como função permitir o embobinamento do material para que seja viável o seu transporte e rotulagem automática na linha de envase (GOULART, LEANDRO, 2017). A escolha do material do filme e do adesivo é essencial para garantir propriedades específicas desejadas, como resistência à umidade, atrito, calor, raios UV, óleos, solventes e até mesmo o contato com o próprio produto. O rótulo ainda pode receber um acabamento de laminação, verniz fosco ou brilho, *hot stamping* (estampagem de uma tira metálica contra o material por um molde pré-aquecido), (Printi, Hot Stamping, 2020) e *cold stamping* (estampagem a frio). Rótulos também podem ser produzidos em papel, Nylon, PVC, entre outros materiais, porém estes são menos comuns nas embalagens de xampus comerciais (Association of Plastic Recyclers, 2020).

Uma alternativa ao rótulo convencional é a utilização de *shrink sleeves*, que são camisas de plástico termoformado que encolhe quando submetido a determinada temperatura, envolvendo a embalagem primária. O material mais utilizado nesta aplicação é o PETG (Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol), que é um termoplástico copoliéster similar ao PET e que apresenta uma taxa de encolhimento de até 78%, que, combinada a sua grande transparência, o torna excelente para esta aplicação. Originalmente *shrink sleeves* eram fabricados com PVC, mas controvérsias acerca dos riscos à saúde e meio ambiente que o processamento e descarte desse material fizeram com que houvesse uma preferência pelo PETG, em especial na indústria de cosméticos. (Resource Label Group, 2017)

Uma outra tecnologia de decoração de embalagens é a serigrafia, que consiste em um processo de impressão permeográfico no qual a tinta é forçada a passar por malhas de fios sintéticos ou metálicos até aderir diretamente à superfície do frasco. Apesar de dispensar um rótulo convencional, os aspectos ambientais relacionados a este tipo de decoração são os resíduos resultantes da preparação da forma (restos de madeira, alumínio e a própria tela), os efluentes tóxicos do processo de limpeza das telas, emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) provenientes da evaporação de solventes voláteis das tintas e vernizes, entre outros. (FREMPAST, 2020)

2.2.5. Embalagens para xampus em barra

O grande diferencial dos produtos em barra é a possibilidade de dispensar o uso de embalagens plásticas, sendo os cartuchos de papel os mais utilizados. Algumas marcas

pioneiras como a LUSH Cosmetics já disponibilizam em suas lojas físicas os produtos na versão “*naked*”, isto é, sem embalagens, para que o consumidor possa adquirir diretamente o cosmético *in natura*. (LUSH COSMETICS, 2020)

Entretanto, essa nova tendência apresenta barreiras significativas para a comercialização dos produtos pela rede de varejo, especialmente pela exposição à umidade e variações de temperatura, que podem levar à degradação da fórmula e ataque microbiológico. Tratando-se das grandes empresas de beleza, a complexidade se agrava principalmente pelo longo tempo de circulação do produto no mercado. Em geral os produtos cosméticos desenvolvidos por essas empresas são submetidos a testes de envelhecimento acelerado a diferentes temperaturas que simulam o tempo de prateleira de 1 a 3 anos (GUIMARÃES, 2020).

Para que o produto seja conservado durante este período de tempo, a concepção da embalagem deve buscar a maior barreira possível para a preservação do conteúdo. Isso é geralmente obtido através de embalagens com multicamadas de alumínio e plásticos, por exemplo. Sendo assim, cartuchos de papel se apresentam como um grande desafio de aplicação para os xampus sólidos industrializados. Apesar de existirem algumas soluções de impermeabilização do papel utilizando ceras e vernizes, essas podem ainda levantar problemas para a cadeia de reciclagem desse material (GUIMARÃES, 2020).

2.3. Biodegradabilidade em águas residuais

O termo “águas residuais” refere-se à água despejada oriunda de atividades diversas, como uso doméstico ou industrial (CAMMAROTA, 2020). Essa água, porém, só deve ser lançada em corpos receptores caso atendam todas as condições e padrões de qualidade estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. Assim, a Resolução 430 define esses parâmetros que inclui, por exemplo, faixa de pH aceitável, temperatura máxima do efluente e limites de concentração para determinadas substâncias. (CONAMA, 2011)

Em termos do ciclo de vida do xampu, a geração de águas residuais se deve principalmente às etapas de produção e de uso do produto. Essa primeira etapa, porém, possui uma distinção relevante quando se analisa a produção industrial *versus* artesanal. Isso porque, as grandes fábricas de cosméticos, geralmente, apresentam estações de tratamento de efluente próprios, sendo então diretamente responsáveis pela garantia do atendimento às normas vigentes. Nesse caso, cabe ao poder público a regulação e fiscalização dessas indústrias. Já no

caso de produtores artesanais, o efluente é, normalmente, direcionado para a rede pública de saneamento. Assim, seu tratamento é realizado por empresas de saneamento estaduais ou municipais e, em alguns casos, privadas (SNIS, 2018).

Já durante a etapa de uso, o xampu, após ser distribuído e massageado nos cabelos e no couro cabeludo, é removido com água durante o banho. Assim, o produto, seja ele industrial ou artesanal, é despejado em sistemas de esgotos para serem tratados, ou diretamente em ambientes aquáticos ou terrestres (JARDAK, DROGUI e DAGHRIR, 2015). Evidenciam-se aqui então duas questões importantes, principalmente no que tange ao Brasil. A primeira refere-se ao atendimento das redes de esgoto no país; a segunda, ao tratamento eficaz do esgoto coletado.

Saneamento no Brasil

No Brasil, o acesso ao saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal (BARROSO, 2002). Entretanto, até 2018, cerca de 47% da população brasileira ainda não era atendida por redes de coleta de esgoto e 16% não possuía sequer acesso às redes de distribuição de água (SNIS, 2018). Esse cenário revela a insuficiência do sistema brasileiro e a urgência de medidas públicas para contornar essa realidade.

É importante ressaltar que o acesso a esses serviços não está associado somente a questões ambientais, como poluição e escassez hídrica, mas abrange também questões econômicas e sociais. No Brasil, a renda média das pessoas com saneamento (R\$2.947,06) é quase seis vezes maior que a renda daqueles sem (R\$501,21) e a escolaridade média ultrapassa 4 anos de diferença (9,73 anos e 5,63 anos, respectivamente) (Trata Brasil, 2020). Áreas urbanas também são mais atendidas por redes de esgotos, com uma média de 60,9% (SNIS 2018). Além disso, a existência desse serviço, associado às práticas de higiene pessoal, é fundamental na prevenção de diversas doenças que podem ser transmitidas via contaminação oral-fecal de organismos patogênicos na água (CALIJURI e CUNHA, 2013). Dessa forma, ratifica-se também sua importância para a saúde pública.

Compreende-se, então, a necessidade de se “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020). Esse objetivo, estabelecido pela agenda 2030 da ONU, é considerado essencial para o desenvolvimento social e a prosperidade econômica do país. Entretanto, quando analisamos a meta referente à proporção de águas residuais tratadas de forma adequada no Brasil, nota-se um atendimento de apenas 34% (SDG 6 data, 2020). Dados do SNIS consideram uma

proporção superior, de 46,3%. (SNIS, 2018). De qualquer forma, revela-se que, mesmo em locais com coleta, o tratamento nem sempre é realizado de forma correta.

Tendo em vista esse cenário, conclui-se que a ausência de um serviço de saneamento isonômico e eficiente leva, na maioria das vezes, ao despejo direto de águas residuais no meio ambiente. Agravam-se então os impactos gerados pelo fim de vida dos produtos e torna-se ainda mais relevante a busca por matérias-primas mais sustentáveis em formulações.

Biodegradabilidade de xampus

O amplo uso de compostos químicos em nossa sociedade, alertam para a necessidade de maior conhecimento de seus impactos ambientais. Nesse contexto, o conceito de biodegradabilidade vem ganhando destaque, sendo inclusive utilizado na divulgação de produtos com apelo sustentável.

A biodegradabilidade de um composto refere-se ao seu potencial de degradação a partir da ação de microrganismos (KARSA e PORTER, 1995). Dentre os fatores que afetam esse processo, podemos mencionar a susceptibilidade inerente do contaminante, a presença de microrganismos apropriados e outras características do meio, como temperatura e pH. (COSTA, OLIVI, *et al.*, 2008). Para avaliação desta propriedade, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresenta uma série de metodologias padronizadas, consideradas referências na área.

Em termos de formulação de xampus, os parâmetros de ecotoxicidade das matérias-primas utilizadas devem ser analisados para verificação do potencial poluidor do produto (VITA, BROHEM, *et al.*, 2018). De uma forma genérica, quando se analisa a natureza do composto, nota-se que a presença de cadeias alquílicas lineares não substituídas e de grupos como ésteres, hidroxilas, aldeídos, ácidos carboxílicos e cetonas, facilitam a degradação por microrganismos. Já a existência de ramificações na cadeia e de grupos como nitro, azo ou aminas terciárias, dificultam esse processo (COSTA, OLIVI, *et al.*, 2008).

Quando analisamos especificamente os surfactantes, entretanto, nota-se que devido ao seu amplo uso em nossa sociedade como agente de limpeza, uma grande quantidade é despejada diariamente nas redes de esgoto e diretamente no meio ambiente. Como consequência, mesmo com propriedades favoráveis à biodegradação, pode ocorrer o acúmulo destes compostos em águas superficiais de forma a atingir concentrações nas quais podem ser considerados tóxicos. Nesse sentido, destaca-se também a possibilidade de formação de espumas e redução dos níveis de oxigenação da água, levando à piora da qualidade hídrica e

afetando diretamente a vida de seres vivos nesses biomas (JARDAK, DROGUI e DAGHRIR, 2015)

Informações sobre a ecotoxicidade de ingredientes utilizados em xampus e cosméticos ainda são bastante limitadas, principalmente devido ao uso de uma vasta gama de matérias-primas (TOLLS, BERGER, *et al.*, 2009). Assim, outros compostos, como preservativos e fragrâncias, ainda que utilizados em menores quantidades, merecem a atenção.

2.4. ACV para cosméticos

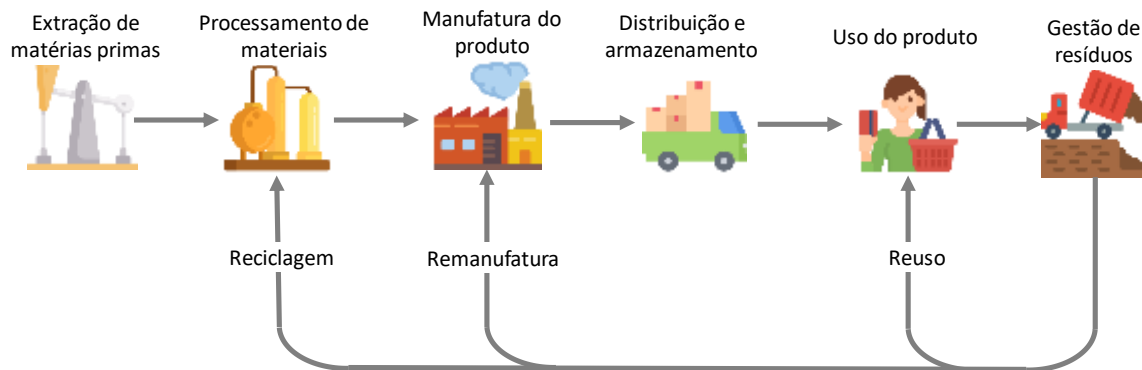
A crescente preocupação com os impactos da atividade humana no meio ambiente tem impulsionado uma forte transformação na sustentabilidade corporativa ao redor do mundo. Estratégias de negócio que visam criar valor a longo prazo a partir do fortalecimento ético, social e ambiental têm exigido cada vez mais uma visão holística sobre a cadeia produtiva, consumo e fim de vida dos produtos. Nesse sentido, o Gerenciamento do Ciclo de Vida (LCM) vem ganhando destaque no âmbito empresarial, uma vez que busca minimizar os encargos ambientais e socioeconômicos associados a um produto, processo ou serviço em todo o seu ciclo de vida. (Life Cycle Management - A Business Guide to Sustainability, 2007)

A metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma das práticas mais utilizadas atualmente no desenvolvimento sustentável de produtos. Algumas indústrias têm, inclusive, criado ferramentas específicas voltadas para as suas áreas de atuação, como é o caso do SPOT, desenvolvido pela L'Oréal para avaliar os impactos socioambientais de seus produtos do ponto de vista da formulação, embalagens, fornecedores e manufatura. Na mesma lógica, a ferramenta SPICE foi lançada em 2018, uma parceria entre a empresa de consultoria Quantis e a L'Oréal, que permite que outras companhias do ramo de cosméticos calculem as pegadas ambientais de suas embalagens usando o conceito de ACV. (SPICE, 2020)

A metodologia de ACV

O ciclo de vida de um produto é geralmente representado pelas seguintes fases de produção, uso e fim de vida:

Figura 2. 1- Principais estágios do ciclo de vida de um produto



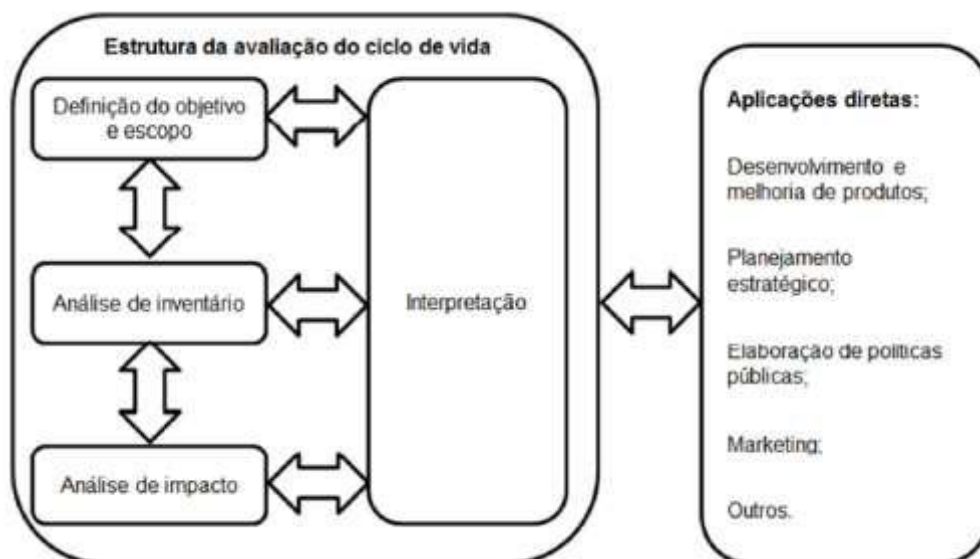
Fonte: Autoria própria; elaborada usando recursos do Flaticon.com (Flaticon, 2020)

As normas (NBR ISO 14040, 2001) e (NBR ISO 14044, 2009) estabelecem diretrizes para a avaliação de ciclo de vida, a fim de garantir consistência entre os estudos realizados por diferentes entidades. Sendo assim, são definidas quatro fases principais de um estudo de ACV:

- a) a fase de definição de objetivo e escopo,
- b) a fase de análise de inventário,
- c) a fase de avaliação de impactos e
- d) a fase de interpretação.

O relacionamento entre as fases é ilustrado na Figura 2.2, conforme a norma.

Figura 2. 2- Estrutura da avaliação do ciclo de vida



Fonte: (NBR ISO 14040, 2001)

As normas especificam que, durante a elaboração de um estudo comparativo de ACV, é importante estabelecer as principais entradas e saídas do sistema, suas fronteiras e limitações de dados. Além disso, é crucial a definição de uma unidade funcional que permita a comparação quantitativa entre diferentes produtos que tenham a mesma funcionalidade. Para a avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) também é necessária a seleção das categorias de impacto e base de dados que sejam relevantes para o produto definido. Por fim, durante o processo iterativo do estudo, é realizada uma análise de sensibilidade para verificar a significância dos resultados obtidos, avaliando as consequências de diferentes valores e métodos de ponderação sobre os resultados finais.

ACV de Cosméticos

Existem hoje diversos estudos de ACV que abordam produtos cosméticos e de higiene pessoal, desde a análise das pegadas ambientais de matérias primas específicas, até a manufatura de produtos e diferentes alternativas de embalagens. Alguns destes, inclusive, investigam os benefícios de produtos em barra para sabonetes e detergentes, como é o caso de (ROMEU, 2013). Porém, não foram encontradas publicações acerca de avaliações comparativas entre xampus líquidos e xampus sólido em bases de periódicos nacionais e internacionais.

Em 2013, a Comissão Europeia (EC) publicou uma recomendação sobre o uso de uma metodologia comum de ACV para medir e comunicar o desempenho ambiental dos produtos e organizações, chamada de Regras Categóricas de Pegada Ambiental de Produtos (PEFCR) (GOLSTEIJN, LESSARD, *et al.*, 2018). Com essa publicação, também foi lançada uma fase piloto de desenvolvimento de orientações específicas para 26 grupos de produtos de diferentes setores da indústria, como calçados, bebidas, eletrônicos, etc. Entre os grupos selecionados, desenvolveu-se um estudo em conjunto com a *Cosmetics Europe* e as principais empresas de beleza europeias para a definição de regras aplicáveis especificamente a produtos de xampu.

O relatório PEFCR aborda a categoria de produto “xampu” para diferentes tipos de cabelo (finos, oleosos etc) e define uma formulação representativa para servir de comparação nos estudos de ACV. Este produto virtual reflete as principais funções e tipos de ingredientes dos xampus líquidos disponíveis no mercado europeu, assim como os materiais de embalagem mais usados. A unidade de análise estabelecida é “uma lavagem de cabelo de comprimento médio na Europa”, sendo que os valores considerados no uso de água e eletricidade no banho foram baseados nos dados médios de um consumidor europeu. Considera-se para este caso a

dosagem de 10,46 g de produto como unidade funcional para o xampu líquido padrão, podendo variar de acordo com a tecnologia em questão, como produtos concentrados ou em pó.

A avaliação de impactos ambientais recomendada pelo PEFCR leva em consideração todos os estágios de ciclo de vida do xampu líquido. Ademais, os seguintes indicadores de avaliação são apontados como sendo os mais relevantes para xampus:

- Mudanças climáticas
- Depleção aquática
- Depleção de recursos minerais e fósseis
- Ecotoxicidade de água doce (sujeito à disponibilidade de metodologia e dados apropriados)

O relatório principal do PEFCR é acompanhado de outros relatórios de suporte, nos quais cada empresa de beleza faz uma análise comparativa de um de seus produtos com o xampu representativo em questão.

3 Metodologia

Este estudo tem o objetivo de modelar, avaliar e comparar o desempenho ambiental de um xampu líquido industrial, um xampu sólido industrial e um xampu sólido artesanal. A razão para condução deste estudo é a compreensão mais profunda dos impactos potenciais relacionados a esses produtos, visando encontrar a alternativa mais sustentável sob a ótica ambiental abordada neste estudo.

O público-alvo deste trabalho é dividido em três grupos. O primeiro consiste nos consumidores finais, pois em uma era digital, estes têm se tornado cada vez mais informados e atentos sobre os produtos e suas pegadas ambientais. Os microempreendedores artesanais representam o segundo grupo. Isso porque, através de uma análise mais robusta de seus produtos, permite-se uma maior compreensão dos impactos atrelados ao seu processo produtivo. Por fim, o terceiro grupo contempla as grandes marcas e indústrias, que vêm apostando na tendência de produtos sólidos ainda pouco referenciados na literatura.

Para auxiliar na execução do estudo, o software OpenLCA, foi aplicado em combinação com dados da base Ecoinvent (versão 3.6-2019), por ser considerada referência em termos de desenvolvimento de inventários (ECOINVENT, 2020). Para a avaliação de impactos, optou-se pelo modelo de ReCiPe *Midpoint* (H) (versão 2014), uma metodologia de cálculo orientada

para problemas e que atua em pontos intermediários na cadeia de causa e efeito. Esse método foi escolhido por possuir menor subjetividade em comparação com a abordagem *Endpoint* (Cavalett, et al., 2013). Além disso, foi considerado o fator de perspectiva cultural hierárquico (H), por apresentar um equilíbrio entre as tecnologias em desenvolvimento e os futuros danos ao meio ambiente, sendo um modelo consensual na comunidade científica (ReCiPe Report, 2012).

A avaliação de ciclo de vida foi realizada utilizando a abordagem do berço ao túmulo. Isto é, as fronteiras dos sistemas foram estabelecidas de modo a englobar os impactos dos xampus desde a produção das matérias-primas, até as suas disposições finais. Para a análise de inventário, cada etapa do ciclo de vida dos produtos será abordada, explicitando as suposições e as premissas adotadas; as limitações do estudo; e os procedimentos de alocação empregados, quando aplicável. Por fim, os sistemas serão explicitamente identificados no item 3.8 Ciclo de Vida.

Para a coleta de dados e modelagem dos processos, além da revisão bibliográfica, foram realizados três breves estudos de mercado. O primeiro, consiste em um levantamento de marcas e formulações de xampus sólidos comercializados. O segundo, em entrevistas realizadas com microempreendedores, abordando questões mais profundas sobre os seus modelos de negócios e processos produtivos. Finalmente, foi realizado também uma pesquisa com consumidores, com o intuito de compreender melhor sua relação com os produtos. Esses estudos foram alicerces para o aprimoramento do ACV elaborado.

Para fins de comparação da performance dos produtos, definiu-se como unidade funcional “uma lavagem de cabelos de comprimento médio durante o banho no Brasil”. Para a determinação específica da quantidade de produto utilizado no banho, diferentes valores foram estipulados para o produto líquido e sólido. No primeiro caso, manteve-se a dosagem de 10,46g utilizada no PEFCR. Já para o consumo de xampu sólido, estimou-se um valor médio de 60 lavagens por xampu (100g), definindo, então, a quantidade de 1,67g de xampu por banho.

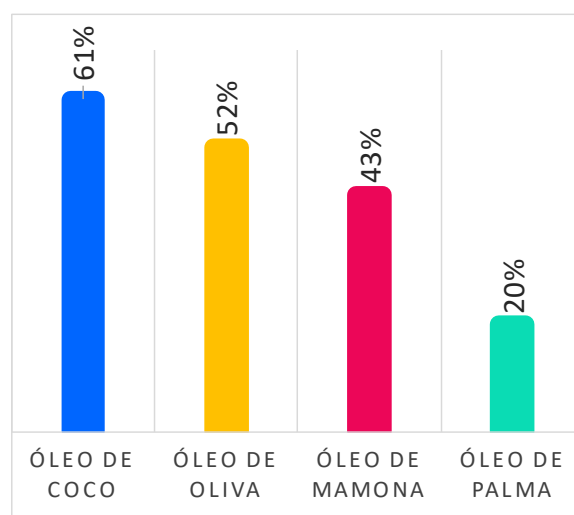
3.1 Definição de produtos para a análise comparativa

Para a determinação de uma formulação de xampu sólido que fosse representativa dos produtos atualmente comercializados no Brasil e no mundo, foi realizado um levantamento de 12 marcas nacionais e internacionais, contabilizando um total de 46 produtos avaliados (vide Anexo A). Durante os meses de janeiro a junho, foram conduzidas também entrevistas presenciais e/ou por chamada de vídeo com 4 microempreendedores localizados no Estado do

Rio de Janeiro, que compartilharam seus processos produtivos, matérias primas utilizadas, entre outras experiências relacionadas à comercialização de produtos artesanais no Brasil.

Através das formulações analisadas, identificaram-se duas principais classes de xampus sólidos: aqueles produzidos pela rota de saponificação de gorduras e óleos (37%); e os produzidos diretamente com tensoativos industrializados (63%). Para a primeira classificação, observou-se que são utilizados principalmente os óleos de coco, oliva, mamona e palma. Outros óleos como rícino e palmiste também são amplamente empregados para a reação de saponificação, que é conduzida através de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, popularmente conhecida como lixívia.

Figura 3. 1 - Óleos mais usados nas formulações dos xampus pelo levantamento realizado



Fonte: Autoria própria a partir do levantamento de formulações

Entre os xampus produzidos por tensoativos que foram mapeados, 79% fazem uso do SCI, porém também é possível encontrar formulações com tensoativos comuns aos xampus líquidos, como o SLS e SLES. Nota-se também que certos microempreendedores produzem xampus pelas duas rotas, tanto por tensoativos quanto por saponificação, diversificando seu portfólio de produtos. Dentre os xampus sólidos de grandes marcas de beleza, percebe-se que são majoritariamente produzidos com SCI.

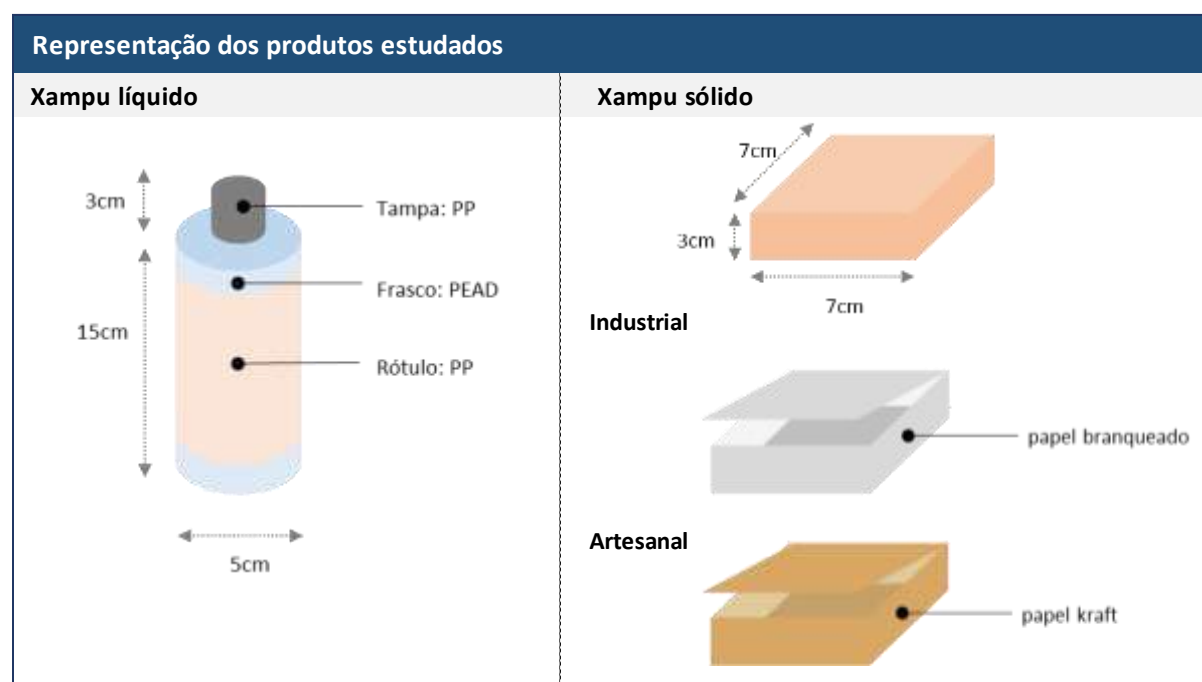
Para a condução de um ACV que abrangesse as duas categorias de produtos sólidos, foram analisadas ainda 6 patentes estrangeiras, encontradas pela plataforma Google Patents (Anexo B), e que permitiram a modelagem de um xampu sólido industrial por tensoativos. Adicionalmente, os dados obtidos nas entrevistas com microempreendedores foram utilizados para a modelagem de um produto com caráter mais artesanal, produzido pela rota de

saponificação. Sendo assim, definiu-se os três produtos para a análise comparativa, sendo suas embalagens representadas na figura 3.2.

Tabela 3.1 - Definição dos Produtos

Produtos para análise comparativa		
Produto	Rota de Produção	Fonte de dados para modelagem
Xampu líquido industrial	Tensoativos industrializados	Artigo PEFCR
Xampu sólido Industrial	Tensoativos industrializados	Patentes
Xampu sólido artesanal	Saponificação	Receitas de microempreendedores

Figura 3. 2 - Embalagens representativas dos produtos em análise



Fonte: Autoria própria

3.2 Produção dos ingredientes

3.2.1 Produção dos ingredientes do xampu líquido industrial

Para a formulação do xampu líquido industrial, optou-se por um produto com composição semelhante ao estabelecido pelo PEFCR. Neste estudo, a formulação foi determinada a partir da funcionalidade de cada matéria-prima e da identificação das tecnologias

mais utilizadas pelo mercado. Adaptações em relação a modelagem de alguns ingredientes, entretanto, foram realizadas.

Tendo em vista que a água de processo em grandes indústrias de xampu é purificada, optou-se por incluir o processo de desmineralização no estudo. Além disso, devido a utilização de uma base de dados mais recente do que a utilizada no artigo do PEFCR (Ecoinvent 3.6), foi possível selecionar fluxos específicos para a cocamide MEA e para o polyquaternium-10. Por fim, com base no estudo realizado por (KOEHLER e WILDBOLZ, 2009) também foi possível modelar o processo produtivo do diestearato de etilenoglicol a partir da reação entre etilenoglicol e ácido esteárico.

Tabela 3. 2 - Formulação do xampu líquido

Formulação do xampu líquido industrial		
<i>Matéria-prima</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Água	73,25%	market for water, deionised, from tap water, at user water, deionised, from tap water, at user Cutoff, U - RoW
SLS	13,00%	market for fatty alcohol sulfate fatty alcohol sulfate Cutoff, U - GLO
Cocamidopropyl betaine	8,00%	fatty alcohol production, from coconut oil fatty alcohol Cutoff, U - RoW
Cocamide MEA	1,25%	market for non-ionic surfactant non-ionic surfactant Cutoff, U - GLO
Dimethicone	1,00%	market for polydimethylsiloxane polydimethylsiloxane Cutoff, U - GLO
Propilenoglicol	1,00%	market for propylene glycol, liquid propylene glycol, liquid Cutoff, U - RoW
Fragâncias	0,50%	market for chemical, organic chemical, organic Cutoff, U - GLO
Ácido clorídrico	0,80%	market for hydrochloric acid, without water, in 30% solution state hydrochloric acid, without water, in 30% solution state Cutoff, U - RoW
Diestearato de etilenoglicol	0,50%	Modelagem própria*
Polyquaternium-10	0,40%	market for polyacrylamide polyacrylamide Cutoff, U - GLO
Benzoato de sódio	0,30%	market for benzoic-compound benzoic-compound Cutoff, U - GLO

*Fabricação de diestearato de etilenoglicol foi modelado com base em estudo de ACV (KOEHLER e WILDBOLZ, 2009)

Tabela 3. 3 - Modelagem do diestearato de etilenoglicol

Modelagem Diestearato de etilenoglicol			
Matéria-prima	Quantidade	Unidade	Dataset no Ecoinvent 3.6
Entradas			
heat, district or industrial, natural gas	2.0	MJ	heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical heat, district or industrial, natural gas Cutoff, U - BR
stearic acid	1.01	kg	market for stearic acid stearic acid Cutoff, U - GLO
transport, freight train	0.67	t*km	market for transport, freight train transport, freight train Cutoff, U - RoW
electricity, medium voltage	0.333	kWh	market for electricity, medium voltage electricity, medium voltage Cutoff, U - BR
transport, freight, lorry, unspecified	0.112	t*km	transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified transport, freight, lorry, unspecified Cutoff, U - RoW
ethylene glycol	0.11	kg	market for ethylene glycol ethylene glycol Cutoff, U - GLO
cooling water/tap water	0.024	kg	market for tap water tap water Cutoff, U - BR
hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state	5.0E-4	kg	market for hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state Cutoff, U - RoW
chemical factory	4.0E-10	kg	market for chemical factory, organics chemical factory, organics Cutoff, U - GLO
Saídas			
Glycol Distearate	1.0	kg	
Heat, waste	1.2	MJ	
BOD5, Biological Oxygen Demand	0.0104	kg	
COD, Chemical Oxygen Demand	0.0104	kg	
Carboxylic acids, unspecified	0.00502	kg	
DOC, Dissolved Organic Carbon	0.00386	kg	
TOC, Total Organic Carbon	0.00386	kg	

3.2.2 Produção dos ingredientes do xampu sólido industrial

As formulações levantadas na análise das patentes (vide Anexo B) apresentam em suas composições um teor acima de 60% de tensoativos, chegando a conter até 80% de surfactantes aniônicos primários. Tipicamente, estes são combinados a um ou mais surfactantes secundários não-iônicos, que podem compor até 50% das formulações. Ademais, podem ser adicionados surfactantes anfóteros a um teor de até 25%. Com relação às as fragrâncias sintéticas, estas podem ser empregadas até 5%, porém existem formulações com teores de até 20%, no caso de óleos essenciais. Nota-se também que outros aditivos hidratantes e corantes podem chegar, respectivamente, até 2 e 5% da composição total.

Apesar da maioria dos xampus analisados no levantamento conter o SCI como tensoativo primário, optou-se por uma formulação genérica considerando surfactantes aniônicos sulfatados, devido à indisponibilidade do SCI na base de dados do Ecoinvent 3.6. Vale mencionar que é possível encontrar SLES na fase sólida, facilitando a moldagem do xampu. Além disso, foram incluídas matérias primas comuns à formulação do xampu líquido para a modelagem do produto sólido industrial, como a cocamide MEA, propileno glicol, ácido esteárico, polyquartenium-10 e fragrâncias. Adicionalmente, foi incluído 20% de álcool etoxilado, já que seu caráter não-iônico permite a incorporação de agentes catiônicos como os surfactantes, além de atuar como solubilizante para fragrâncias, em uma mistura com baixo teor de água (Bases e concentrados, 2020). Dessa maneira, o processo de obtenção dos ingredientes do xampu sólido industrial levou em consideração uma formulação contendo os seguintes fluxos do Ecoinvent 3.6:

Tabela 3. 4 - Formulação do xampu sólido industrial

Formulação do xampu sólido industrial		
<i>Matéria-prima</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Ácidos graxos sulfatados (SLS/SLES)	50%	market for fatty alcohol sulfate fatty alcohol sulfate Cutoff, U - GLO
Álcool Etoxilado	20%	market for ethoxylated alcohol (AE11) ethoxylated alcohol (AE11) Cutoff, U - GLO
Cocamida MEA	20%	market for non-ionic surfactant non-ionic surfactant Cutoff, U - GLO
Ácido esteárico	6%	market for stearic acid stearic acid Cutoff, U - GLO
Propilenoglicol	2%	market for propylene glycol, liquid propylene glycol, liquid Cutoff, U - RoW
Fragrâncias	1%	market for chemical, organic chemical, organic Cutoff, U - GLO
Polyquartenium	1%	market for polyacrylamide polyacrylamide Cutoff, U - GLO

3.2.3 Produção dos ingredientes do xampu sólido artesanal

Uma formulação genérica para o xampu saponificado foi elaborada a partir das entrevistas com os microempreendedores, que relataram utilizar múltiplos óleos e gorduras em suas receitas. No levantamento de produtos e marcas artesanais, percebeu-se que existe uma grande customização nas formulações, que incorporam os mais diversos ingredientes como ervas e óleos essenciais. Através das entrevistas, notou-se que as matérias primas são obtidas tanto de pequenos produtores locais, quanto de distribuidores de grande escala, trazendo grande complexidade para a definição de uma formulação que fosse representativa de um xampu artesanal. Dessa forma, foram identificados os ingredientes-chave que caracterizam este tipo de produto, e construída uma modelagem a partir dos dados fornecidos pelos entrevistados.

Tabela 3. 5 - Formulação do xampu sólido artesanal

Formulação do xampu sólido artesanal		
<i>Matéria-prima</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Óleo de palma	22%	market for palm oil, crude palm oil, crude Cutoff, U - GLO
Óleo de palmiste	22%	market for palm kernel oil, crude palm kernel oil, crude Cutoff, U - GLO
Óleo de coco	22%	market for coconut oil, crude coconut oil, crude Cutoff, U - GLO
Água	19%	market for tap water tap water Cutoff, U - BR
Hidróxido de Sódio	10%	market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state sodium hydroxide, without water, in 50% solution state Cutoff, U - GLO
Óleos essenciais	5%	Modelagem própria*

*Processo de extração de óleos essenciais de laranja modelado a partir de (BECCALI, CELLURA e IUDICELLO, 2009).

Uma vez que a base de dados do Ecoinvent 3.6 não dispõe de nenhum processo de extração de óleo essencial, foi realizada uma modelagem própria, que será discutida a seguir, a fim de analisar como essa matéria prima poderia contribuir para os impactos ambientais do produto artesanal.

Modelagem do óleo essencial

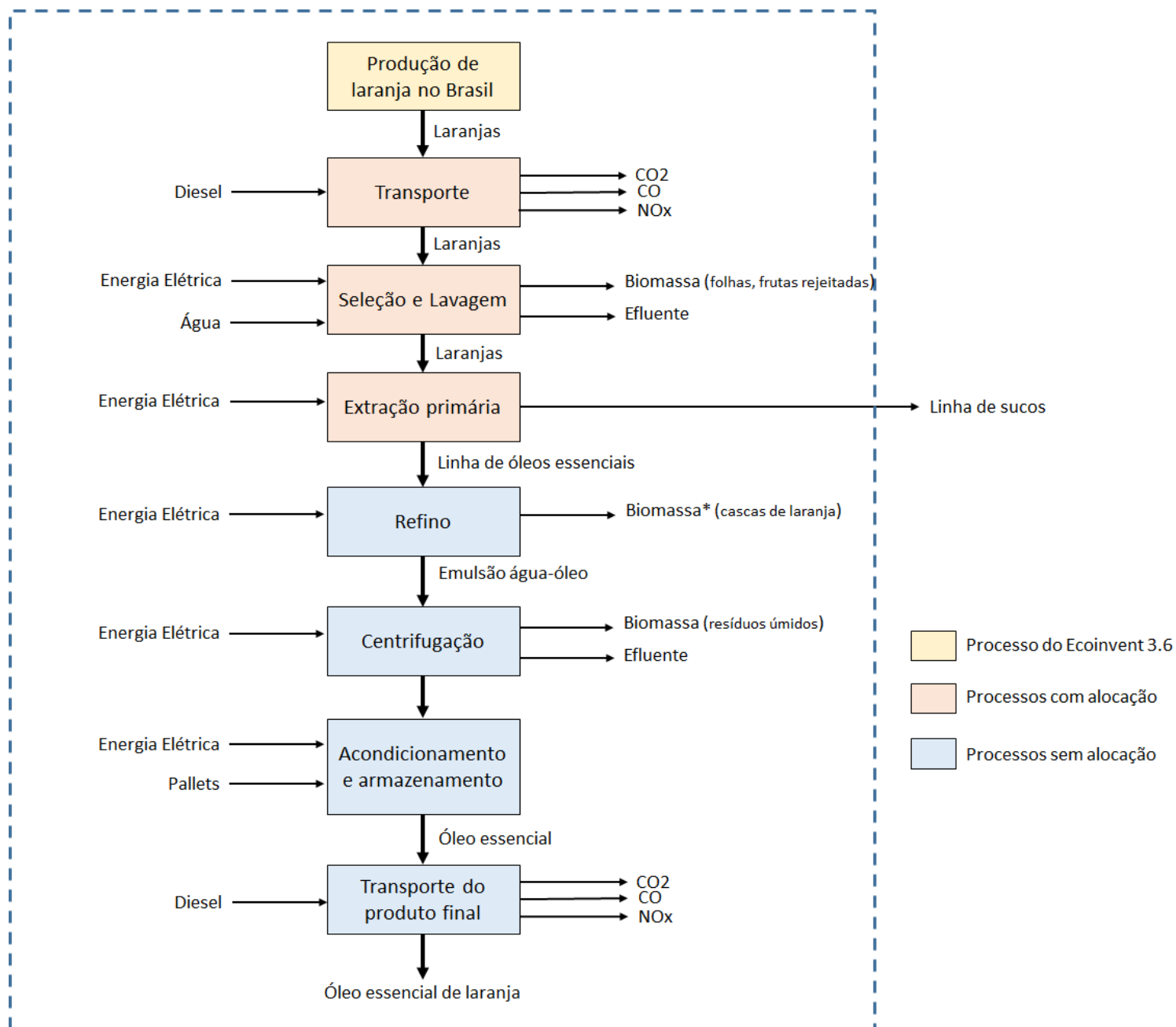
O Brasil é o quarto maior exportador de óleos essenciais no mundo, devido à extração dos óleos cítricos que são co-produtos da indústria de sucos. De acordo com a Revista A Lavoura (2013), o país lidera na produção de 2 dos 18 óleos essenciais de maior interesse econômico mundial: o de laranja (*citrus sinensis*) e o de lima destilada (*citrus aurentifolia*) (Óleos essenciais: uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil, 2013). Em função da sua grande relevância para o contexto econômico nacional, foi realizada uma adaptação da modelagem do óleo essencial de laranja proposta pelo estudo de ACV de (BECCALI, CELLURA e IUDICELLO, 2009), considerando a produção nacional de laranja já modelada no Ecoinvent 3.6 como fluxo inicial no processo de extração.

Seguindo o proposto por de (BECCALI, CELLURA e IUDICELLO, 2009), optou-se por aplicar uma alocação econômica, atribuindo ao óleo essencial 40% de todos os impactos ambientais gerados nos processos comuns à produção de suco: o transporte das laranjas, seleção e lavagem, e extração primária. Analogamente, os resíduos de casca da laranja gerados no processo, assim como os efluentes, foram considerados como rejeitos no processo, devido ao seu baixo valor econômico:

Tabela 3. 6 - Produção anual do óleo essencial de laranja

Modelagem - Produção anual do óleo essencial de laranja			
Fluxo	Quantidade	Unidade	Dataset no Ecoinvent 3.6
Entradas			
Produção de Laranjas no Brasil	4717093,09	Kg	orange production, processing grade orange, processing grade Cutoff, U - BR
Energia elétrica	1320892,18	MJ	market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR
Água	2553143,45	Kg	market for tap water tap water Cutoff, U - BR
Diesel	1313142,2	MJ	market for diesel diesel Cutoff, U - BR
Pallet	31	Item(s)	market for EUR-flat pallet EUR-flat pallet Cutoff, U - GLO
Saídas			
Óleo essencial de laranja	24167	Kg	Produto da modelagem
Tratamento de efluente, médio	2308112,6	Kg	market for wastewater, average wastewater, average Cutoff, U - RoW
Tratamento de efluente, óleo vegetal	173868,8	Kg	treatment of wastewater from vegetable oil refinery wastewater from vegetable oil refinery Cutoff, U - GLO
Resíduos orgânicos úmidos	3812638,03	Kg	treatment of biowaste, industrial composting biowaste Cutoff, U - RoW
CO2	108091,36	Kg	Fluxo elementar
CO	199,17	Kg	Fluxo elementar
Nox	1576,84	Kg	Fluxo elementar
SO2	2652	Kg	Fluxo elementar

Figura 3. 3 - Fronteira do sistema para modelagem do óleo essencial



Fonte: Autoria própria, modificado de (BECCALI, CELLURA e IUDICELLO, 2009)

3.3 Produção das embalagens

3.3.1 Embalagem primária do xampu líquido industrial

Esta etapa inclui a produção dos materiais das embalagens primárias, bem como a transformação das resinas para a fabricação dos componentes em si. O transporte da embalagem primária para o local de fabricação está incluído nesta fase. No caso do xampu líquido, foi considerado um frasco de PEAD com uma tampa de PP e um rótulo de PP, conforme a composição abaixo:

Tabela 3. 7 - Definição da embalagem primária do xampu líquido

Embalagem primária - xampu líquido industrial		
<i>Componente</i>	<i>Material</i>	<i>Quantidade (g)</i>
Tampa	Polipropileno (PP)	4
Frasco	Polietileno (PEAD)	21
Rótulo	Polipropileno (PP)	1

Para a produção da embalagem do xampu líquido, foram modelados processos de fabricação de cada componente separadamente, considerando também as perdas dos materiais no processo de transformação, conforme a tabela a seguir.

Tabela 3. 8 - Modelagem da embalagem primária do xampu líquido

Modelagem - Componentes da embalagem do xampu líquido industrial		
<i>Materiais e processos</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Tampa	0,994 Kg	
Polipropileno granulado	1 Kg	polypropylene production, granulate polypropylene, granulate Cutoff, U - RoW
Moldagem por injeção	1 Kg	injection moulding injection moulding Cutoff, U - RoW
Frasco	0,997 Kg	
Polietileno de Alta Densidade, granulado	1 Kg	market for polyethylene, high density, granulate polyethylene, high density, granulate Cutoff, U - GLO
Moldagem por sopro	1 Kg	market for blow moulding blow moulding Cutoff, U - GLO
Rótulo	1 g	
Polipropileno granulado	1,0214 g	market for polypropylene, granulate polypropylene, granulate Cutoff, U - GLO
Extrusão para produção de filme plástico	1,0465 g	market for extrusion, plastic film extrusion, plastic film Cutoff, U - GLO
Papel super-calandrado	1,2654 g	market for paper, woodcontaining, supercalendered paper, woodcontaining, supercalendered Cutoff, U - RoW
Serviço de laminação com ligante acrílico	0,0204 m2	market for laminating service, foil, with acrylic binder laminating service, foil, with acrylic binder Cutoff, U - GLO

O processo de fabricação do rótulo foi baseado na especificação de um material de polietileno com ligante acrílico produzido pela Ritrama (RI-707/60 PP GLOSS CLEAR DGT AP901 WG62) (Ritrama, Polypropylene rolls , 2020), sendo considerado também o *liner* de papel através do qual o adesivo é embobinado.

3.3.2 Embalagem primária do xampu sólido industrial e artesanal

Para a embalagem de xampu sólido industrial, foi considerado um cartucho de papel *kraft* branqueado com tecnologia de decoração em *offset*. O conjunto de dados do Ecoinvent

3.6 utilizado para a modelagem deste processo inclui o consumo de papel, materiais de impressão e elementos de processamento.

Já para a embalagem do xampu sólido artesanal, foi considerado um cartucho de papel *kraft* não branqueado sem tecnologia de decoração. Apesar de existirem produtos artesanais que apresentam embalagens mais sofisticadas contendo adesivos com o logo da marca, todos os microempreendedores entrevistados apontaram a sustentabilidade de suas embalagens como um ponto importante durante a concepção do produto. Algumas ainda relataram que fazem uso de carimbos ou realizam pinturas à mão para melhor personalizá-los. Sendo assim, foi desconsiderado qualquer tipo de impressão em gráficas especializadas para a modelagem do xampu artesanal.

Tabela 3. 9 - Embalagem primária dos xampus sólidos

Embalagem primária - xampus sólidos	
Produto	Dataset Ecoinvent 3.6
<i>Xampu sólido industrial</i>	
10g	offset printing, per kg printed paper kraft paper bleached - RoW*
Papel <i>kraft</i> branqueado	
Decoração em <i>offset</i>	
<i>Xampu sólido artesanal</i>	
10g	market for kraft paper, unbleached kraft paper, unbleached Cutoff, U - GLO
Papel <i>kraft</i> não branqueado	
Sem tecnologia de decoração	

*Processo alterado pelas autoras

3.3.3 Embalagens secundárias e terciárias

Não foram consideradas embalagens secundárias para nenhum dos produtos deste estudo, sendo a embalagem primária diretamente inserida na caixa de embarque para distribuição. Para a embalagem terciária, foram utilizados os dados fornecidos no artigo do PEFCR para um frasco de xampu de 250mL com volume cúbico de 280cm³. Uma vez que as embalagens dos produtos deste estudo apresentam dimensões diferentes do artigo do PEFCR, os valores foram ajustados proporcionalmente, conforme a tabela a seguir:

Tabela 3. 10 - Embalagem terciária para xampus industriais

Embalagens terciárias por tipo de embalagem primária						
Embalagem primária		Frasco Oval (PEFCR)	Frasco cilíndrico	Cartucho papel		
Volume útil (ml)		250	250			
Volume cúbico (cm3)		280	450	147		
Componente	Material	Quantidades			Unidade	Dataset no Ecoinvent 3.6
Caixa de embarque	Papelão	8,8	14,143	4,62	g	corrugated board box production corrugated board box Cutoff, U - RoW
Etiqueta de identificação	Rótulo polipropileno (PP)	0,17	0,273	0,089	g	Modelagem própria (idem ao rótulo do xampu líquido)
Plástico filme	Polipopileno extrusado	0,3	0,482	0,158	g	polypropylene production, granulate polypropylene, granulate Cutoff, U - RoW
						extrusion, plastic filme extrusion, plastic film Cutoff, U - RoW
Folha antiderrapante	Papel <i>kraft</i>	0,42	0,675	0,221	g	kraft paper production, unbleached kraft paper, unbleached Cutoff, U - RoW
Pallet	Madeira	0,008	0,013	0,004	item	EUR-flat pallet production EUR-flat pallet Cutoff, U - RoW

3.4 Manufatura dos produtos finais

3.4.1 Manufatura do xampu líquido industrial

A etapa de manufatura consiste na fabricação do molho do xampu, levando em consideração o uso da água para lavagem dos tanques, o consumo de energia elétrica e gás natural na fábrica e o tratamento dos resíduos gerados. Além disso, o envase do molho na embalagem primária, sua disposição na caixa de embarque e paletização também são considerados neste processo.

Para a modelagem do xampu líquido industrial, foram utilizados os dados de fabricação baseados em quatro empresas europeias e norte-americanas, conforme apresentado no relatório do PEFCR. Estima-se que 5% da água utilizada no processo é perdida por evaporação ou incorporada no produto, sendo os 95% restantes encaminhadas para uma estação de tratamento de efluentes. A energia elétrica consumida foi obtida do processo modelado para matriz energética do Brasil, assim como o gás natural utilizado, ambos disponíveis na base de dados do Ecoinvent 3.6. Os dados apresentados a seguir foram parametrizados com base na massa de molho de xampu produzida por unidade de produto final (259g), considerando uma densidade de 1,036 g/ml, conforme previsto no PEFCR.

Tabela 3. 11 - Manufatura do xampu líquido

Manufatura de 1 unidade de produto final de xampu líquido industrial			
<i>Fluxo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Ingredientes do xampu líquido	259	g	Modelagem própria (do item 3.2.1)
Embalagens (primária + terciária)	1	item(s)	Modelagem própria (do item 3.3.1)
Energia elétrica	0,11655	MJ	<i>market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR</i>
Água	0,3885	Kg	<i>market for tap water tap water Cutoff, U - BR</i>
Tratamento de efluentes	0,00036	m3	<i>market for wastewater, average wastewater, average Cutoff, U - RoW</i>
Calor por gás natural	0,18389	MJ	<i>heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical heat, district or industrial, natural gas Cutoff, U - BR</i>
Infraestrutura da fábrica	1,036*10 ⁽⁻¹⁰⁾	item(s)	<i>market for chemical factory, organics chemical factory, organics Cutoff, U - GLO</i>

3.4.2 Manufatura do xampu sólido industrial

Os processos de fabricação do xampu sólido descritos nas patentes analisadas reportam que os ingredientes são aquecidos a temperaturas entre 60°C e 100°C e homogeneizados em misturadores industriais de alta velocidade. A massa formada passa por um moedor a fim de remover grumos e é então prensada para formar o produto em barra. Na ausência de dados quantitativos de consumo de energia elétrica e gás natural para o aquecimento, foram considerados os mesmos dados reportados no relatório do PEFCR devido às similaridades nas condições de processo.

Tabela 3. 12 - Manufatura do xampu sólido industrial

Manufatura de 1 unidade de produto final de xampu sólido industrial			
<i>Fluxo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Ingredientes do xampu	100,0	g	<i>Modelagem própria (do item 3.2.2)</i>
Embalagens (primária + terciária)	1,00	item(s)	<i>Modelagem própria (do item 3.3.2)</i>
Energia elétrica	0,045	MJ	<i>market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR</i>
Água	0,00015	kg	<i>market for tap water tap water Cutoff, U - BR</i>
Tratamento de efluentes	0,00014	m3	<i>market for wastewater, average wastewater, average Cutoff, U - RoW</i>
Calor por gás natural	0,071	MJ	<i>heat and power co-generation, natural gas, convencional power plant, 100MW electrical heat, district or industrial, natural gas Cutoff, U - BR</i>
Infraestrutura da fábrica	4*10(-11)	item(s)	<i>market for chemical factory, organics chemical factory, organics Cutoff, U - GLO</i>

3.4.3 Manufatura do xampu sólido artesanal

Os dados do processo de manufatura do xampu sólido artesanal pela rota de saponificação foram obtidos para uma batelada de 2 kg, com base nos relatos dos microempreendedores, e a modelagem foi ajustada para a produção de 1 unidade de produto final de 100g. As entrevistas mostraram que o primeiro passo para a produção do xampu sólido é a solubilização das gorduras para serem misturadas à solução de hidróxido de sódio sob agitação manual até a obtenção do “ponto de traço”, momento em que são adicionados os óleos essenciais e demais ingredientes cosméticos. Em seguida, a mistura é reservada para descansar de 24h a 48h para então ser cortada manualmente em barras menores.

Na modelagem, foi considerado apenas o calor necessário para o pré-aquecimento das gorduras vegetais em banho maria, uma vez que a reação exotérmica de saponificação leva a mistura a temperaturas de até 80°C. O aquecimento dos óleos foi contabilizado por quilogramas de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) consumidos durante 10 minutos em uma boca convencional de fogão acesa em fogo alto (0,250 kg/h de GLP) (Liquigás, GLP, 2008) para aquecer 2L de água em banho maria.

O consumo de energia elétrica foi calculado com base em uma lâmpada de 15W acesa por 3 horas, tempo necessário para produção, corte e empacotamento do xampu sólido, desconsiderando o tempo de descanso da massa. Ao final da produção, foi considerada a mesma quantidade de água de lavagem por produto produzido que no artigo do PEFCR, além de 100ml de etanol 70% para a desinfecção dos utensílios no início da produção, conforme reportado nas entrevistas.

Tabela 3. 13 - Manufatura do xampu sólido artesanal

Manufatura de 1 unidade de produto final de xampu sólido artesanal			
<i>Fluxo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Dataset no Ecoinvent 3.6</i>
Ingredientes do xampu	100	g	Modelagem própria (do item 3.2.1)
Embalagens (primária + terciária)	1	item	Modelagem própria (do item 3.3.1)
Energia elétrica	0,00045	kWh	market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR
Água de lavagem da penal	0,02	dm3	market for tap water tap water Cutoff, U - BR
Água do banho maria	0,00005	m3	market for tap water tap water Cutoff, U - BR
Tratamento de efluentes	0,00005	m3	market for wastewater, average wastewater, average Cutoff, U - RoW
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,00042	kg	market for liquefied petroleum gas liquefied petroleum gas Cutoff, U - RoW
Etanol 70%	2,91	g	ethanol production from sugarcane ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation Cutoff, U - BR

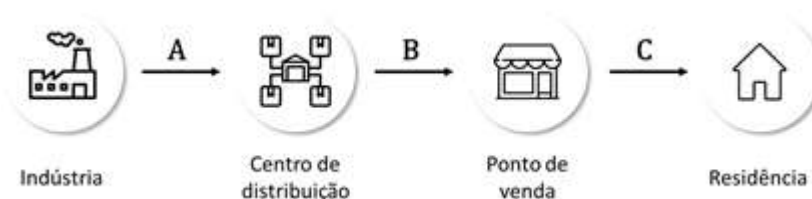
3.5 Distribuição e Armazenamento

Para mensurar os impactos relacionados à distribuição e ao armazenamento dos xampus, a metodologia sugerida pelo PEFCR foi adaptada, considerando tanto o cenário brasileiro quanto às particularidades de cada produto. Assim, cada um será abordado separadamente, evidenciando as premissas feitas.

3.5.1 Distribuição e armazenamento dos xampus industriais

Com o objetivo de definir o cenário brasileiro de distribuição dos xampus, considerou-se uma distribuição em escala nacional para os produtos industriais. Para melhor determinação do processo, foram realizados estudos separados por trajetos, ilustrados na Figura 3.5. Assim, estipulou-se distâncias médias da fábrica até o centro de distribuição (A); deste até o ponto de venda (B) e, por fim, até a residência do consumidor (C).

Figura 3. 4 - Trajetos considerados na distribuição dos xampus industriais



Fonte: Autoria própria; elaborada usando recursos do Flaticon.com (Flaticon, 2020)

Para tais estimativas, foram analisados os locais de fabricação das 9 maiores empresas de xampus e condicionadores no Brasil, revelando uma maior concentração no interior de São Paulo. Também foi analisado o potencial de consumo do país por produtos de beleza, indicando um consumo majoritário na região Sudeste (Potencial de consumo indica mercados em expansão no Brasil, 2016). Definiu-se, então, a localização do centro de distribuição (CD) no Rio de Janeiro.

Assim, para a determinação de A, calculou-se a distância média, ponderada pela participação estimada de mercado, entre as fábricas e o CD. Já para o cálculo de B, a média da distância percorrida do CD até os pontos de venda para todas as capitais brasileira foi ponderada pelo potencial de consumo.

Tabela 3.14 - Potencial de consumo do Brasil

Potencial de consumo por região brasileira	
Sudeste	50%
Nordeste	18%
Sul	17%
Centro-Oeste	9%
Região Norte	6%

Fonte: modificado de (Potencial de consumo indica mercados em expansão no Brasil, 2016)

Por fim, para a estimativa do trajeto C, foi estabelecida uma distância de 2km entre o ponto de venda e o domicílio e considerou-se o trajeto de ida e volta do consumidor. Entretanto, tendo em vista que o consumidor provavelmente irá adquirir outros produtos em uma mesma viagem, apenas 5% dos impactos ambientais relacionados a esse percurso foi alocado para o xampu (GOLSTEIJN, LESSARD, *et al.*, 2018).

Para a definição dos meios de transporte utilizados, tendo em vista que não foram encontrados dados específicos para a logística do setor de cosméticos, recorreu-se à matriz de transporte de mercadorias do Brasil. De acordo com dados divulgados no PNLI 2015 (Plano Nacional de Logística Integrada), 87,4% das cargas gerais (exceto graneis sólidos e líquidos) são transportadas por rodovias, 7% por cabotagem, 4,6% por transporte hidroviário e 1,1% por ferrovias (EPL, 2016). Assim, para os percursos A e B, foi considerada tal distribuição.

Para o transporte realizado pelo consumidor, optou-se pelas informações de mobilidade urbana divulgados pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP). Posto isto, 42% do trajeto seria realizado a pé ou de bicicleta, tendo sido desprezados seus impactos ambientais. Os outros meios de transporte foram considerados, sendo 26% relativo a carros, 24% ônibus, 4% motos e 4% ao transporte em trilhos (SIMOB/ANTP, 2020).

Tabela 3. 15 - Distribuição dos produtos industriais

Distribuição de 1kg de produto industrial			
Fluxo	Quantidade	Unidade	Dataset no Ecoinvent 3.6
Percursos A e B			
Transporte Rodoviário	1511	kg*km	transport, freight, lorry, unspecified
Transporte por Cabotagem	120	kg*km	transport, freight, sea, transoceanic ship
Transporte Hidroviário	79	kg*km	transport, freight, inland waterways, barge
Transporte de trem	19	kg*km	transport, freight train
Percurso C			
Transporte de carro	0,052	km	transport, passenger car with internal combustion engine
Transporte de ônibus	0,048	p*km	transport, regular bus
Transporte em trilhos	0,008	p*km	transport, passenger train
Transporte em moto	0,008	p*km	transport, passenger, motor scooter

Para os impactos associados ao armazenamento do produto, os métodos de cálculo recomendados pelo PEFCR foram seguidos. Dessa forma, considerou-se os gastos energéticos no centro de distribuição e no ponto de venda, e também a construção do primeiro.

De acordo com (Humbert et. Al. 2009), estima-se um consumo de 6kWh/m³.ano nos centros de distribuição. Assim, a partir da especificação do volume dos produtos e da definição do tempo de armazenamento de um mês, os gastos energéticos foram calculados. Já para o ponto de venda, assumiu-se um consumo de 700kWh/m³.ano (European Comission, 2013) e tempo de armazenamento semelhante. Para o xampu sólido, entretanto, foi considerado que os produtos estariam dispostos em pilhas de pelo menos três unidades na prateleira.

Além disso, para avaliação da construção do centro de distribuição, algumas premissas foram feitas. (DA SILVA, 2014) menciona que centros com uma área entre 10.000 e 30.000m² apresentam melhor desempenho e, por isso, considerou-se uma área de 20000m². Estimou-se uma altura de 15m, uma duração de 80 anos e uma ocupação do produto equivalente a dez vezes o seu volume.

Tabela 3. 16- Armazenamento dos produtos industriais

Armazenamento de Produtos Industriais			
Fluxo	Xampu líquido	Xampu sólido	Dataset no Ecoinvent 3.6
Construção do centro de distribuição	4,6 cm ³	1,5 cm ³	<i>building construction, multi-storey building, multi-storey Cutoff, U - RoW</i>
Eletricidade no ponto de venda	0,1458 kWh	0,0953 kWh	<i>market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR</i>
Eletricidade no centro de distribuição	0,000225 kWh	0,0000735 kWh	<i>market for electricity, medium voltage electricity, medium voltage Cutoff, U - BR</i>

3.5.2 Distribuição e armazenamento do xampu artesanal

Já para o produto artesanal, a partir das entrevistas realizadas com empreendedores, constatou-se uma distribuição em escala estadual, com a utilização de diferentes meios de transporte, desde bicicletas até caminhões. Um ponto interessante é que todos os entrevistados apontaram feiras/eventos e plataformas digitais (redes sociais ou sites próprios) como os principais canais de venda. Assim, para a realização de uma análise mais conservativa e considerando o grande avanço do e-commerce no cenário atual, estipulou-se um percurso de 80km entre o local de produção e o consumidor, realizado por caminhão de pequeno porte.

Ademais, tendo em vista que a produção artesanal ocorre em menor escala e que os produtos são normalmente armazenados no próprio local de produção, os impactos associados a essa etapa foram desconsiderados.

Tabela 3. 17 - Distribuição do xampu sólido artesanal

Distribuição Produto Artesanal			
Fluxo	Quantidade	Unidade	Ecoinvent 3.6
Transporte Caminhão	8.8	kg*km	transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4

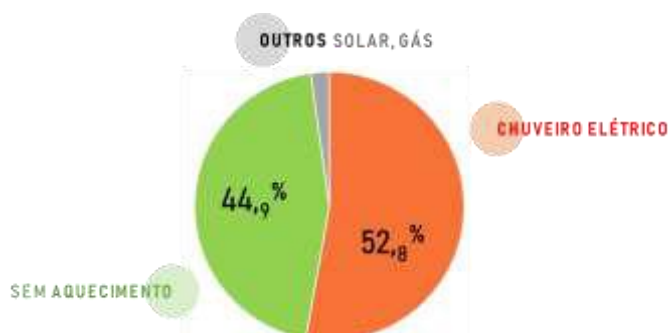
3.6 Uso

Com o objetivo de mensurar os impactos ambientais associados à etapa de uso dos produtos, foi definido um banho médio do brasileiro. Para isso foram considerados os gastos de água e de energia, associada ao aquecimento dessa água. Para os três xampus estudados, o banho foi considerado similar, distinguindo-se somente pela quantidade de produto utilizada de acordo com a unidade funcional estabelecida.

A partir de dados fornecidos pelo (PROCEL, 2019), obteve-se a distribuição das fontes de aquecimento de água nos chuveiros para cada região do Brasil. A fim de obtermos o perfil médio dos brasileiros, ponderou-se esses valores pela população de cada região. Esse procedimento foi realizado tendo em vista que as regiões apresentam diferenças significativas tanto em relação à tecnologia de aquecimento, quanto em números populacionais. Chuveiros a gás, por exemplo, podem ser encontrados com maior frequência nas regiões Sudeste e Sul, mas é bastante incomum no restante do país.

Assim, estimou-se que mais da metade das residências brasileiras utilizam chuveiros elétricos; quase 45% não utiliza nenhum tipo de aquecimento; e apenas 2,3% utiliza formas alternativas, como chuveiros solares ou a gás.

Figura 3.5 - Fonte de aquecimento da água do chuveiro no Brasil



Fonte: modificado de (PROCEL, 2019)

Com o perfil de chuveiros estabelecido, recorreu-se então a informações referentes ao tempo gasto no banho pelos brasileiros. A partir de uma pesquisa realizada pelo IBOPE, foi possível definir uma média de 8,8 minutos por banho (IBOPE, 2011). Para os cálculos específicos de consumo de água e de energia, recorreu-se também ao estudo realizado pela USP (CIRRA, 2009), estabelecendo assim consumos médios para cada tipo de tecnologia. Dessa forma, foi possível estimar um consumo de 35,2L de água e de cerca de 0,582MJ de energia por banho no Brasil.

Vale destacar aqui a diferença significativa entre o cenário médio de banho do europeu, estabelecido pelo PEFCR, e do brasileiro, definido neste estudo. Em relação ao gasto de energia, por exemplo, foi constatado que a grande utilização de chuveiros sem aquecimento no Brasil, reduz o consumo em mais de 60% quando comparado à Europa. Entretanto, quanto ao consumo de água, foi observado que os brasileiros utilizam um volume quase 2,5 vezes maior. Essas discrepâncias se devem, além de fatores socioeconômicos complexos, aos aspectos climáticos e geográficos dessas regiões.

Já em relação à quantidade de produto utilizado no banho, foram estipulados diferentes valores para o produto líquido e os produtos sólidos. No primeiro caso, manteve-se a estimativa de 10,46 g por lavagem em cabelos médios, utilizada no PEFCR. Já para o consumo de xampu sólido por banho, foram analisadas as informações fornecidas pelos microempreendedores e as especificações de produtos já disponíveis no mercado. Entretanto, devido à grande discrepância entre os xampus analisados, recorreu-se também à realização de uma pesquisa diretamente com consumidores para avaliação mais precisa da durabilidade desse tipo de produto.

Tabela 3. 18 - Modelagem da fase de uso do xampu

Uso - banho			
<i>Fluxo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade</i>	<i>Ecoinvent 3.6</i>
Consumo energético: chuveiro elétrico	0,16113	kWh	market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U - BR
Consumo energético: chuveiro solar	0,00048	kWh	heat production, at hot water tank, solar+gas, flat plate, one-family house heat, solar+gas, one-family house, for hot water Cutoff, U - CH
Consumo energético: chuveiro a gás	0,00013	kg	market for liquefied petroleum gas liquefied petroleum gas Cutoff, U - BR
Água	35,2	kg	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, U - BR
Xampu			
Xampu líquido industrial	10,46	g	Modelagem própria (do item 3.2)
Xampu sólido industrial	1,6667	g	Modelagem própria (do item 3.2)
Xampu sólido artesanal	1,6667	g	Modelagem própria (do item 3.2)

3.7 Fim de vida dos produtos

3.7.1 Fim de vida das fórmulas de xampu

Para a etapa de fim de vida do produto, foi considerado o tratamento de toda água residual gerada no banho. Vale mencionar, porém, que essa é uma abordagem simplificada e que não reflete a realidade brasileira. Conforme mencionado no item 2.3 (Revisão Bibliográfica – Águas residuais), quase metade da população sequer possui acesso às redes de esgoto, sendo comum o despejo direto no meio ambiente. Entretanto, dada a complexidade de estudos que abrangem a biodegradabilidade e a toxicidade de compostos e os seus impactos no meio ambiente, optou-se pelo cenário ideal de 100% de tratamento para os três produtos analisados.

3.7.2 Fim de vida das embalagens

De acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2018 divulgado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO, 2018), apenas 81,5% da população brasileira (rural e urbana) é atendida pela coleta de resíduos sólidos. Isso corresponde a um total de 151,1 milhões de habitantes dos 3.468 municípios que declararam seus resíduos em 2018.

No presente estudo, os dados reportados no diagnóstico foram utilizados para realizar uma extrapolação dos resíduos totais gerados, levando em consideração os 18,5% de resíduos não coletados. O resultado foi a estimativa de que são gerados anualmente no Brasil 77 milhões de toneladas de resíduos sólidos.

Considerando os valores absolutos de resíduos despejados em aterros sanitários, aterros controlados, lixões ou destinados à reciclagem, chegou-se na seguinte distribuição de disposição final para todos os resíduos de embalagem dos produtos em questão:

Tabela 3. 19- Dados extrapolados para o fim de vida das embalagens

Considerando a estimativa de resíduos não coletado*	77,03 milhões de ton/ano	100,00%
Coleta total de resíduos	62,78 milhões de ton/ano	81,50%
Recicláveis coletados	1,05 milhões de ton/ano	1,36%
Aterros sanitários	46,68 milhões de ton/ano	60,60%
Aterro controlado	7 milhões de ton/ano	9,09%
Lixão	8,05 milhões de ton/ano	28,95%
Sem informações → Lixão <i>(emissões diretas ao meio ambiente)</i>	14,25 milhões de ton/ano	18,50%

Os 18,5% dos resíduos sobre os quais não há informações de destinos foram considerados como emissões diretas na natureza e contabilizados como “lixões” no processo de fim de vida. Ademais, os impactos ambientais relacionados aos processos de reciclagem foram desconsiderados neste estudo, uma vez que a reciclagem ainda é uma alternativa muito pouco representativa no cenário atual de resíduos no Brasil.

Tendo em vista que a infiltração no solo é um aspecto relevante na contaminação pela decomposição dos materiais em aterros controlados e lixões, tais fluxos de tratamento de resíduos são classificados pelo clima local no Ecoinvent 3.6. Sendo assim, a modelagem do fim de vida das embalagens levou em consideração a precipitação pluviométrica anual de cada região do Brasil. De acordo com seus respectivos potenciais de consumo (vide Tabela 3.14), o percentual das embalagens destinadas para cada tipo de aterro controlado ou lixão (úmido, muito úmido ou seco) foi estimada conforme a tabela 3.21

Tabela 3. 20 - Classificação pluviométrica por região brasileira

<i>Região</i>	<i>Classificação pluviométrica</i>
Sudeste	Úmido
Nordeste	Seco
Sul	Úmido
Centro-oeste	Úmido
Norte	Muito úmido

Fonte: (CPRM, 2006)

Tabela 3. 21 – Destinação das embalagens de acordo com a taxa de infiltração de cada região

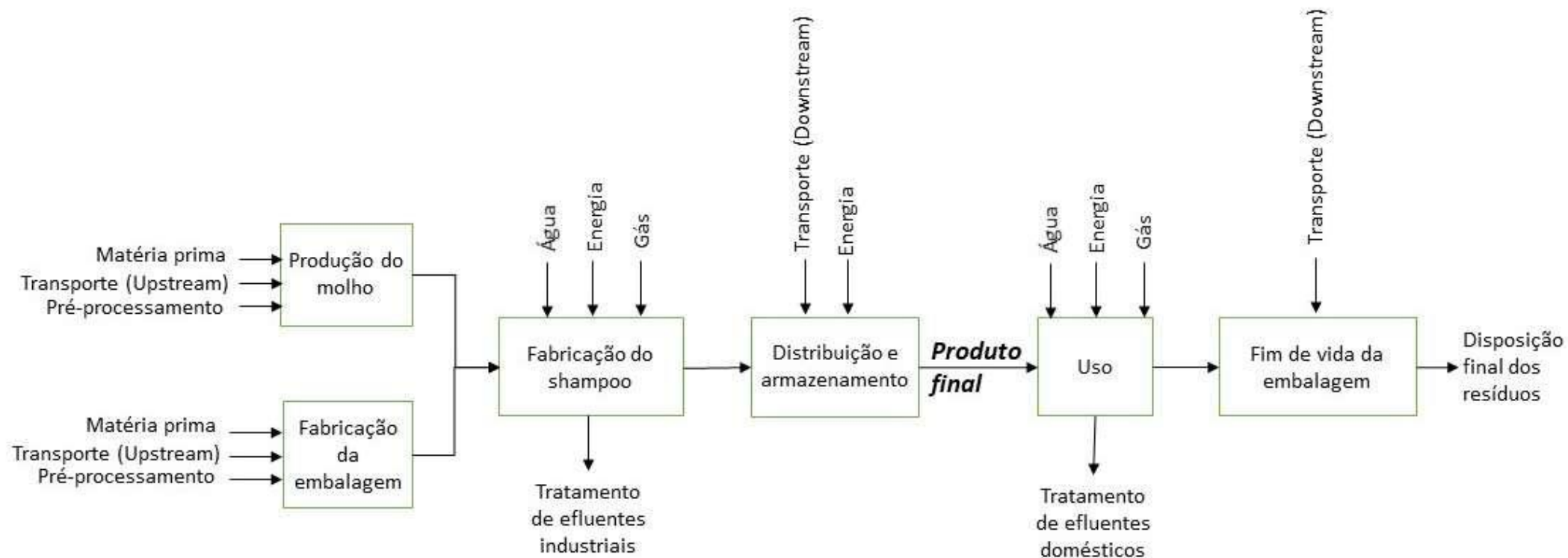
Destinação de resíduos	Percentual da embalagem
Aterros sanitários	60,60%
Aterro Controlado	9,09%
Úmido	9,00%
Muito Úmido	74,00%
Seco	17,00%
Lixão	28,95%
Úmido	9,00%
Muito Úmido	74,00%
Seco	17,00%
Reciclagem*	1,36%

*a contribuição da reciclagem foi desconsiderada neste estudo

3.8 Ciclo de vida do xampu

As fases descritas nos itens anteriores, correspondem a cada etapa do ciclo de vida do xampu. A figura a seguir ilustra as fronteiras do sistema em estudo.

Figura 3. 6 - Fluxograma do ciclo de vida do xampu



Fonte: Autoria própria

4 Resultados e Discussão

4.1 Resultados gerais

A partir das hipóteses e modelos propostos neste trabalho, foi possível identificar quais as fases do ciclo de vida do xampu são mais significativas para cada impacto ambiental. Essa interpretação é extremamente importante ao permitir o reconhecimento dos agentes mais influentes e o melhor direcionamento de esforços na tomada de decisões. Vale lembrar que, de acordo com o PEFCR, os impactos mais relevantes para a categoria de xampus são: mudanças climáticas, depleção de água, depleção de recursos fósseis e ecotoxicidade de água doce.

As figuras 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam a distribuição para os três produtos estudados. As fases de uso e fim de vida da fórmula foram representadas em conjunto, tendo em vista que ambas são semelhantes para os três xampus.

Figura 4. 1 - Avaliação de impactos do xampu líquido industrial

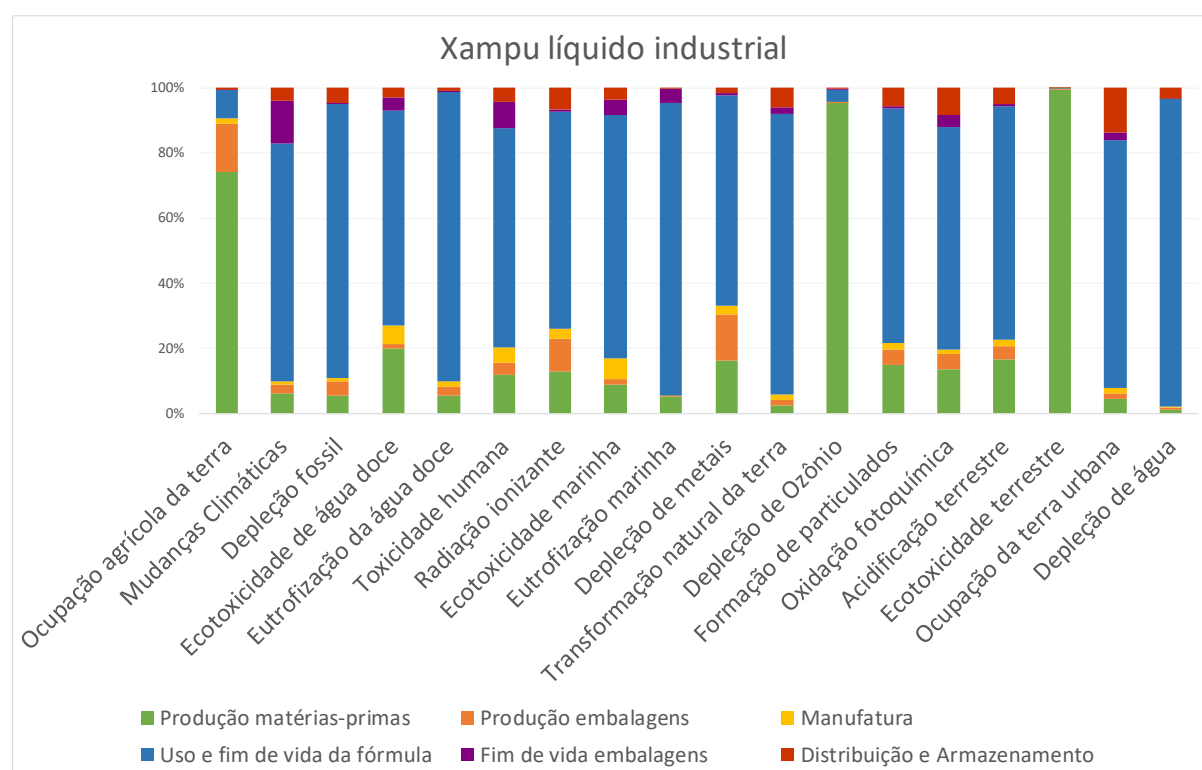


Figura 4. 2 - Avaliação de impactos do xampu sólido industrial

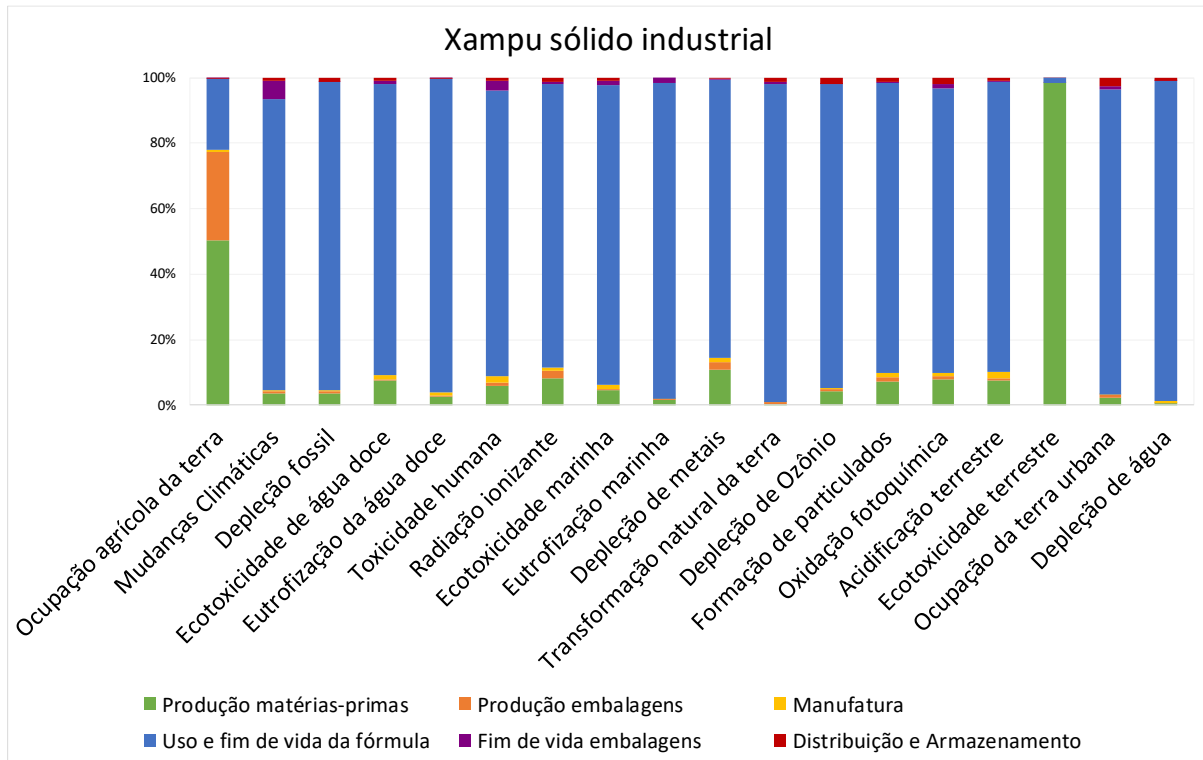
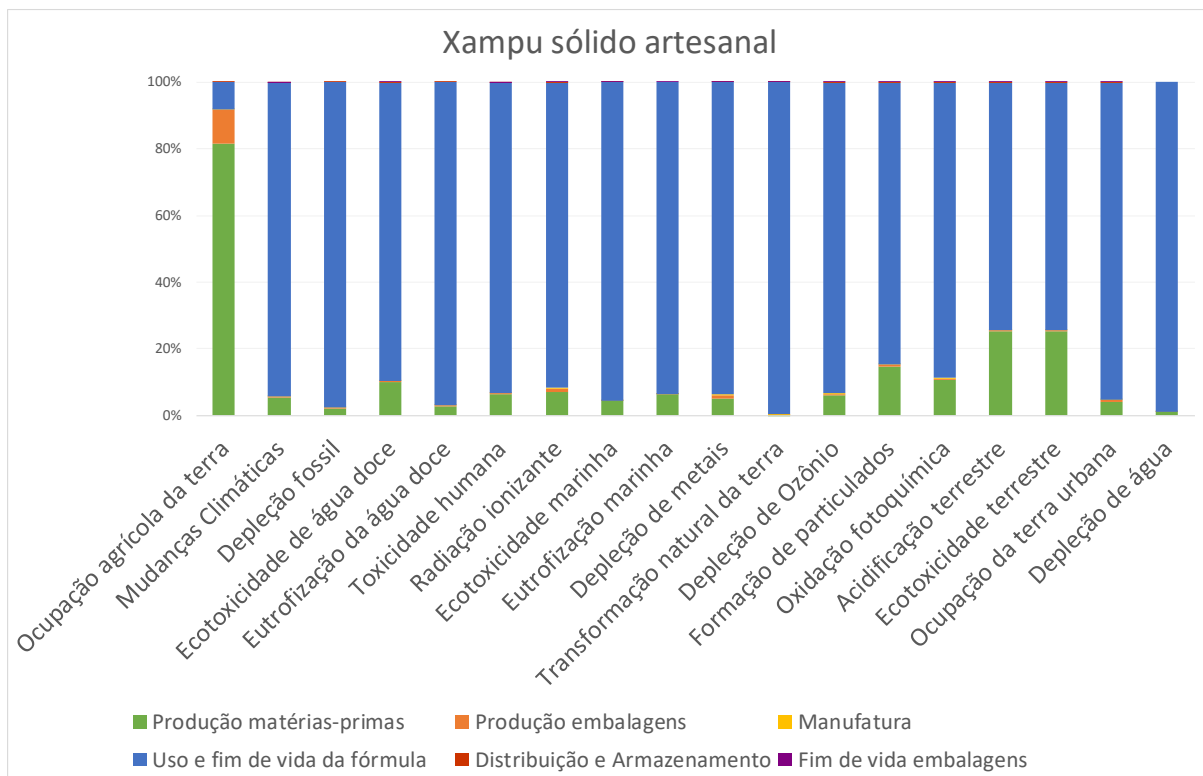


Figura 4. 3 - Avaliação de impactos do xampu sólido artesanal



Conforme previsto pelo PEFCR, a fase de uso prevalece em quase todas as categorias de impacto para os três produtos, tendo pouca relevância somente em termos de ocupação da terra agrícola. Seu alto impacto está atrelado tanto ao consumo de energia, quanto de água. Em termos de mudanças climáticas, por exemplo, atribui-se pelo menos 50% do impacto à produção de eletricidade de baixa voltagem a partir de gás natural. Depleção de recursos fósseis, transformação da terra e depleção da camada de ozônio também tiveram grande influência da geração elétrica.

Um ponto de atenção é que na análise de depleção da água, foi identificado que a geração de energia por usinas hidrelétricas (UHE) apresentou contribuição cerca de doze vezes maior que o consumo de água no banho. Este resultado evoca questionamentos acerca da metodologia de cálculo utilizada, abrangendo desde o caráter consuntivo ou não do uso de recursos hídricos por hidrelétricas, até aspectos mais complexos, como fatores climáticos e hidrológicos da região. (BUENO e MELLO, 2015) reforçam que, em relação a análise de pegada hídrica por UHE, há ainda discordâncias da comunidade acadêmica na quantificação do consumo de água para a geração de energia.

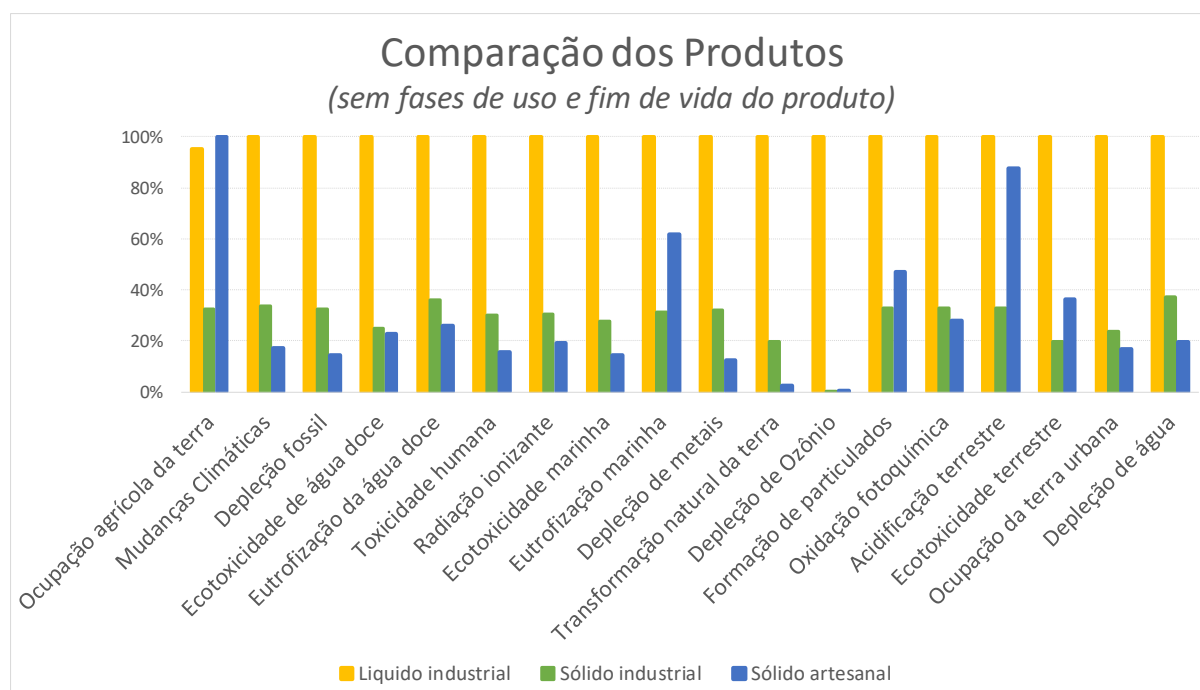
Em termos de ocupação da terra agrícola, há uma forte influência na produção das matérias primas e embalagens devido à utilização de fontes vegetais. Quanto à ecotoxicidade terrestre, nota-se que, nos xampus industriais, há o predomínio da fase de produção das matérias-primas, o que se deve principalmente à cadeia produtiva de surfactantes. Já sobre a depleção de ozônio, a contribuição majoritária da produção de matérias-primas no xampu líquido industrial se deve à fabricação específica de dimeticona. Esses aspectos serão abordados com mais detalhes no item posterior.

Por fim, pode-se concluir que a contribuição majoritária da fase de uso em todos os três produtos, reforça a importância do papel do consumidor para diminuição da pegada ambiental do xampu. Nesse sentido, mudanças simples de hábitos, como a redução do tempo de banho ou da temperatura da água, podem resultar em reduções expressivas dos impactos. Assim, ressalta-se a importância de políticas voltadas para reeducação e conscientização da sociedade, que podem ser estimuladas, inclusive, pelas empresas de bens de consumo. É imprescindível enfatizar que a indústria também precisa se engajar ativamente na redução dos recursos naturais utilizados em suas atividades, tomando responsabilidade pelos impactos gerados antes, durante e depois que o produto sai de suas fábricas.

4.2 Comparação dos Produtos

Ao desconsiderar as fases em comum aos três produtos, isto é, as fases de uso e fim de vida das fórmulas, percebe-se que há grandes diferenças entre os impactos ambientais do xampu líquido e dos dois xampus sólidos. Neste capítulo, os resultados obtidos são analisados primeiramente comparando os dois produtos industriais. Em seguida, o produto artesanal é avaliado pelos impactos nos quais sua contribuição é mais expressiva em comparação com o xampu líquido.

Figura 4. 4 - Comparação dos três produtos (sem as fases de uso e fim de vida da fórmula)



Em geral, os impactos ambientais relacionados ao xampu sólido industrial variam entre 20% e 37% dos impactos do xampu líquido, com exceção da depleção de ozônio, que apresenta resultados mais significativos para produção da dimeticona no ciclo de vida do xampu líquido. A obtenção do dimetildiclorosilano (POÇO, 2001), comercialmente conhecido como dimeticona, é realizada através da reação de Grignard, pela qual cloreto de metila é reagido com silício em pó na presença de um catalisador de cobre. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o cloreto de metila é acumulado na troposfera entre 1 a 3 anos, sendo que certa quantidade atinge a estratosfera, onde ocorre sua fotodissociação em radicais de cloro. Estima-se que aproximadamente 15% de todo o cloro estratosférico equivalente seja proveniente do cloreto de metila, contribuindo para a depleção de ozônio (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000).

Com relação aos impactos mais relevantes para os produtos cosméticos, percebe-se que ambos os xampus sólidos performam melhor do que o xampu líquido convencional, como pode ser observado na Figura 4.4. No quesito de mudanças climáticas, a maior contribuição está no fim de vida da embalagem terciária dos produtos industriais, em especial pela decomposição do papelão nos aterros sanitários, controlados e lixões. Essa fase contribui para 49% das emissões de CO₂ equivalentes do xampu líquido, sendo também significativa para o xampu sólido industrial (47%), porém em menor quantidade absoluta devido à otimização de espaço dentro da caixa de embarque pela compactação dos cartuchos do produto sólido.

Contribuem para as mudanças climáticas também as fases de produção dos ingredientes de origem fóssil para ambos os xampus líquido e sólido industriais, como por exemplo os surfactantes, que contabilizam 23% e 33% das contribuições totais, respectivamente. A embalagem primária de plástico também é significativa para este impacto, chegando a contabilizar 10% das emissões de CO₂, principalmente na fase de produção do polietileno e polipropileno.

Como esperado, o xampu líquido apresenta resultados muito maiores para a depleção de recursos fósseis devido à produção dos surfactantes e demais ingredientes sintéticos. A embalagem primária é também significativa para este impacto, que é responsável por 27% do consumo total. Ademais, a etapa de produção dos ingredientes é a principal responsável pela depleção de metais, majoritariamente em função dos insumos para a construção das fábricas.

Nota-se que o consumo de energia nas fases de produção dos ingredientes, manufatura do xampu e armazenamento é o principal responsável pela depleção dos recursos hídricos. Isso ocorre devido à geração de eletricidade pelas usinas hidrelétricas, conforme observado anteriormente na fase de uso no banho. É importante ressaltar que apesar do xampu líquido em estudo conter 73,25% de água em sua formulação, essa só representa 0,02% do impacto de depleção aquática do produto.

Tratando-se da ecotoxicidade de água doce, os processos que mais contribuem para este impacto são os de obtenção de matérias-primas de origem vegetal, como os surfactantes, devido às emissões referentes à produção agrícola. Vale reiterar que a análise realizada não levou em consideração os efluentes gerados no banho, uma vez que a modelagem do presente estudo considerou que 100% do esgoto doméstico é tratado. Portanto, a fim de compreender os reais impactos das formulações na ecotoxicidade de água doce, seria necessária uma investigação mais robusta acerca da biodegradabilidade de cada componente.

Já o xampu artesanal também apresenta uma boa performance na maioria das categorias de impacto, superando o xampu líquido somente na ocupação do solo agrícola. Apesar de

representar apenas 5% da composição do produto, o óleo essencial contribui para 55% deste impacto, seguido pelo óleo de coco (23%), óleo palmiste (7%) e óleo de palma (6%). Nota-se que o processo que mais contribui para 17 das 18 categorias de impacto do xampu sólido artesanal é a produção do óleo essencial de laranja, devido à produção agrícola no Brasil. Este processo chega a contabilizar entre 35% e 89% de todo o impacto gerado.

Como dito anteriormente, a escolha do óleo essencial de laranja como co-produto da indústria de sucos foi feita a partir da relevância econômica deste ingrediente para o país. Sabe-se que o Brasil está entre os maiores fornecedores de óleos essenciais (OE), e a França é a sua maior importadora no mundo, em especial por causa da indústria de perfumaria. Entretanto, é importante ressaltar que, muitas vezes, a produção do óleo essencial é realizada mais como uma alternativa para a destinação dos resíduos gerados na produção do suco. Assim, questiona-se se a alocação econômica de 40% sugerida por (BECCALI, CELLURA e IUDICELLO, 2009) é realmente coerente.

Além disso, em entrevista com um microprodutor de OE no interior de Minas Gerais (vide Anexo C), identificou-se um modelo produtivo alternativo daquele modelado no trabalho. Enquanto fazendas que praticam monoculturas geralmente escoam seus produtos para o mercado atacado nacional e internacional; fazendas que visam o mercado de varejo buscam diversificar sua produção a fim de ofertar um portfólio diferenciado de óleo essenciais. É notável que produções orgânicas têm crescido muito nos últimos anos devido às práticas de aromaterapia e consumo de cosméticos artesanais no Brasil. Além disso, fazendas como a do microempreendedor entrevistado chegam a produzir cerca de 25 a 30 óleos diferentes, o que tem impulsionado a transição para práticas de agroecologia em diversos estados brasileiros.

Outros impactos ambientais relevantes para análise do xampu artesanal são a acidificação terrestre e eutrofização de águas marinhas, que chegam a atingir 67% e 62%, respectivamente, das emissões em comparação ao xampu líquido industrial. Novamente, o maior contribuidor para estes impactos é o óleo essencial, seguido pelos óleos de saponificação, devido à utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas durante seu cultivo.

Uma vez que a pegada ambiental do xampu sólido artesanal é majoritariamente afetada pelo óleo essencial utilizado em sua formulação, conclui-se que a busca por insumos provenientes de fazendas orgânicas pode ser uma alternativa para tornar esses produtos mais sustentáveis.

4.3 Pesquisa com consumidores

A pesquisa realizada em setembro de 2020 pelo *Google Forms* com 247 consumidores revelou que existe uma possível tendência na adoção de xampus sólidos, mesmo que a amostra analisada não seja representativa de todas as classes e locais do país. Dentre as pessoas que responderam o formulário, 68% disseram que já ouviram falar desse tipo de produto, sendo as redes sociais como Facebook e Instagram os principais canais de divulgação. Recomendações de amigos e parentes também foram apontadas como os primeiros veículos de descoberta, seguidos por sites de compras e feiras de produtos locais.

Entre os que já ouviram falar de xampu sólido, 36% relataram já fazer uso do produto, enquanto que 35% disseram que ainda não utilizam, mas gostariam de experimentar. As razões apontadas para essa escolha são diversas, sendo as principais delas a busca por produtos naturais e a possível economia com um produto mais duradouro. Alguns reportaram que a proposta inovadora também é um atrativo e fator relevante na hora da compra desse produto. Já as principais barreiras levantadas para o consumo do xampu sólido são o seu elevado preço unitário e a falta de conhecimento sobre onde ou como comprar.

Destaca-se que a adoção do xampu sólido ganhou força ao longo de 2020, uma vez que quase 80% das pessoas que se declararam consumidoras desse produto passaram a usá-lo em um período de tempo inferior a 12 meses. A maioria dessas pessoas, inclusive, começou a consumi-lo durante o período de confinamento consequente da disseminação do COVID-19.

Com relação ao hábito de consumo, entre as 61 pessoas que afirmaram já fazer uso do xampu sólido, 60% afirmaram que o xampu em barra utilizado apresentava durabilidade de pelo menos três meses de uso, 20% declararam dois meses e 10%, um mês. Um ponto interessante é que quando questionados sobre a rendimento do produto sólido em comparação com o líquido, mais da metade dos usuários disseram que certamente o primeiro rendia mais lavagens e apenas 9% afirmou que durava menos. Foram levantadas também questões relevantes relacionadas à perda de produto devido à exposição excessiva à umidade e consequente diluição parcial do xampu. Este problema, porém, pode ser solucionado com o uso de saboneteiras adequadas para o seu armazenamento, conforme já vem sendo recomendado e comercializado por alguns produtores artesanais.

Figura 4. 5 - Resultados da pesquisa com consumidores

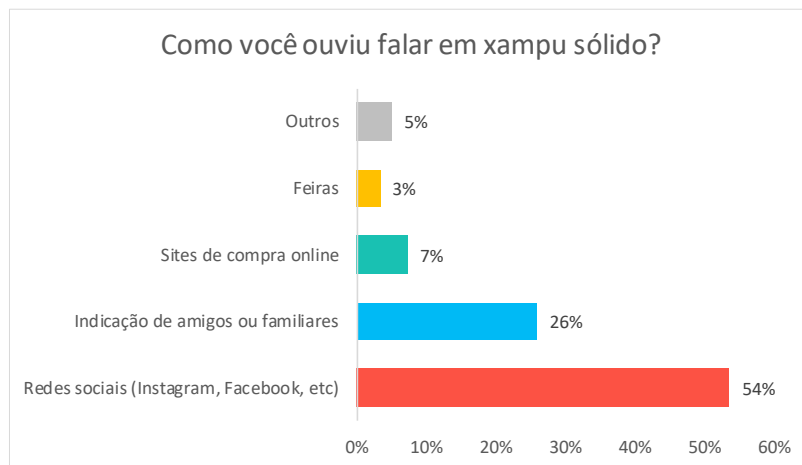


Figura 4. 6 - Resultados da pesquisa com consumidores

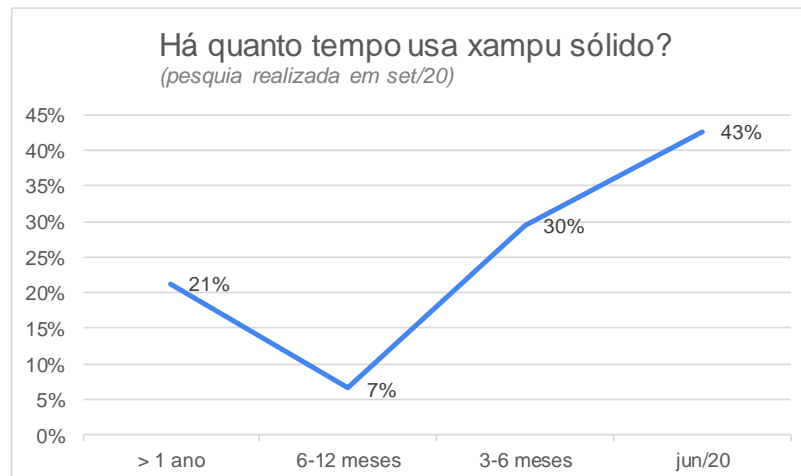


Figura 4. 7- Resultados da pesquisa com consumidores

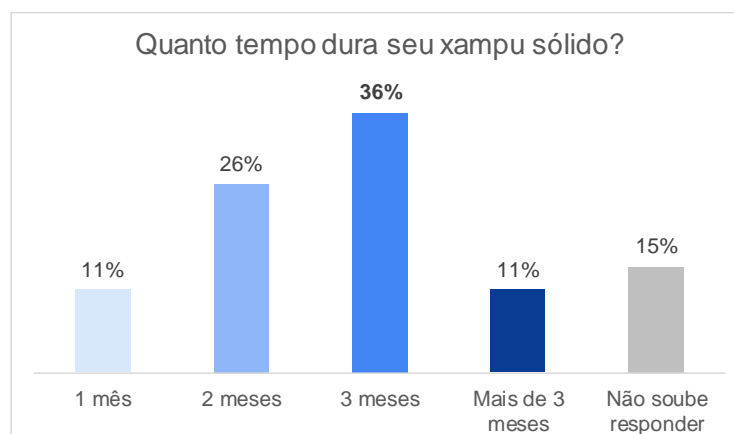


Figura 4. 8 - Resultados da pesquisa com consumidores

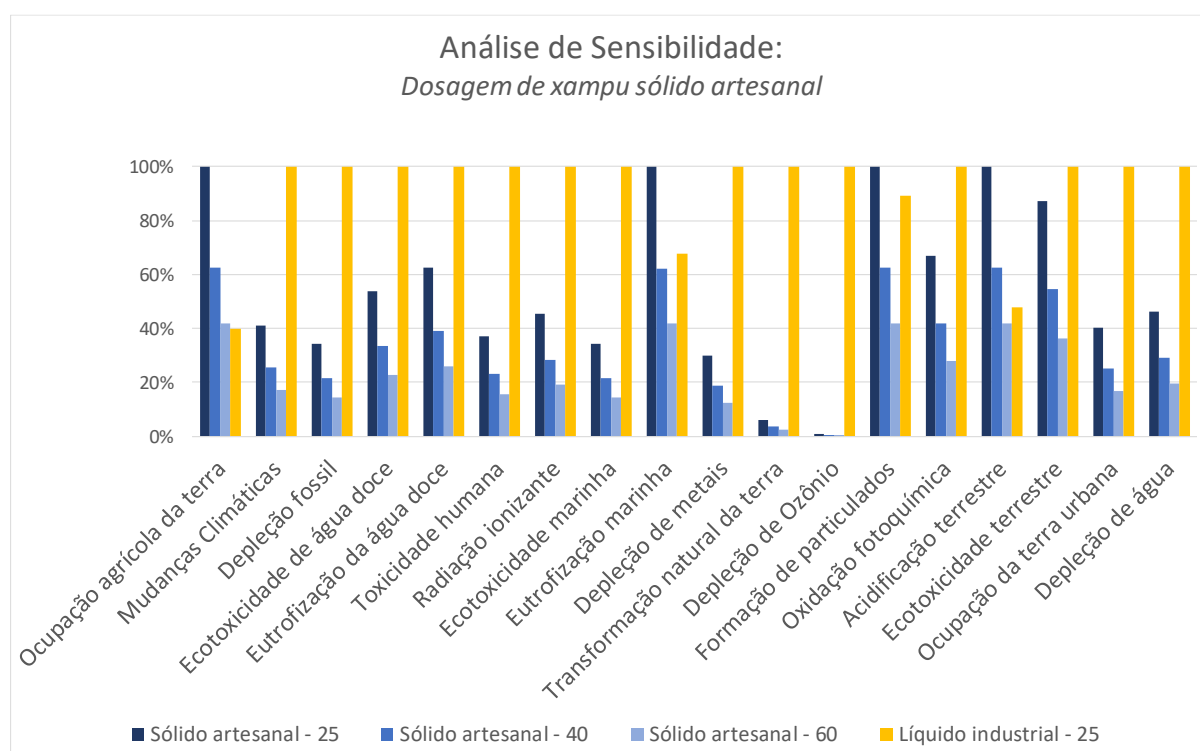


4.4 Análise de Sensibilidade

Para a estipular da quantidade de produto sólido utilizado no banho, recorreu-se às especificações de produtos comercializados e às informações obtidas nas pesquisas com consumidores e microempreendedores. A partir dessas análises, foi possível definir um valor médio de 60 lavagens por xampu sólido. Entretanto, percebeu-se uma variabilidade considerável nas informações obtidas, o que está atrelado principalmente aos diferentes hábitos de consumo. Por essa razão, foi realizada uma análise de sensibilidade para averiguar os efeitos de possíveis desvios no valor previamente estabelecido.

A figura 4.9 compara os impactos ambientais do xampu líquido, definido para 25 lavagens, e do xampu sólido artesanal, considerado para 60, 40 e 25 lavagens. A partir dos resultados obtidos nota-se que, mesmo para rendimentos equivalentes (25 lavagens), o produto sólido apresenta uma melhor performance ambiental na maioria dos impactos avaliados. Entretanto, em termos de ocupação da terra agrícola, eutrofização marinha, formação de particulados e acidificação terrestre, o xampu líquido apresenta um desempenho melhor. Esses resultados evidenciam a importância do uso consciente, o que envolve desde a aplicação do produto no couro cabeludo até o seu armazenamento após o banho, de forma a evitar desperdícios e possível desintegração do xampu em barra.

Figura 4. 9 - Análise de sensibilidade: dosagem de xampu sólido



4.5 Sustentabilidade além do ACV

O desenvolvimento sustentável tem sido amplamente discutido em nossa sociedade. Entretanto, muitas vezes esse debate é voltado apenas para aspectos ambientais e econômicos, colocando a dimensão social em segundo plano. A Agenda 2030 estabelecida pela ONU ressalta a importância desse pilar através de metas específicas de desenvolvimento social, como a erradicação da pobreza e da fome, a garantia de educação e saúde para todos, e a promoção da igualdade de gênero (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020). No contexto brasileiro, esses aspectos se tornam ainda mais relevantes, tendo em vista o alto índice de desigualdade existente. Assim, a partir da compreensão das limitações do estudo de ACV realizado, emerge a necessidade de uma análise mais holística sobre a real sustentabilidade dos produtos analisados.

Durante as entrevistas realizadas com os microempreendedores, pode-se perceber que as motivações para adentrar o ramo de cosméticos no Brasil são diversas, desde a busca por soluções inovadoras e acessíveis, até a necessidade de formas alternativas para geração de renda. Marcas artesanais como a SementeBio e Atelier du Savon trazem propostas diferenciadas, muitas vezes combinando conhecimentos de aromaterapia, fitoterapia e medicina chinesa no desenvolvimento de seus produtos.

Algumas empresas ainda trazem os produtos sólidos como formas de evitar a poluição plástica, carregando até em seus nomes a bandeira do “lixo zero”, como o caso da No Plastic Market (do inglês, “mercado livre de plásticos”) e da B.O.B (*Bars over bottles*, ou em português, barras ao invés de garrafas). Esse movimento é especialmente importante porque os reais impactos de detritos plásticos na biodiversidade terrestre e aquática ainda não são plenamente mensuráveis por avaliações de ciclo de vida.

Propostas disruptivas e inclusivas também são pauta dos produtores artesanais que têm ganhado maior destaque nesse mercado, tal como a Kurandé, fundada por dois jovens da periferia do Rio de Janeiro. Por meio de formulações naturais que remetem a ancestralidade e a preservação da memória cultural africana, a empresa oferece um portfólio de produtos acessíveis, promovendo a autoestima de pessoas negras e indígenas, historicamente marginalizadas. Assim, revela-se também seu papel fundamental ao instigar discussões sobre sustentabilidade em espaços frequentemente negligenciados.

O crescimento de microempreendimentos no ramo de cosméticos enfatiza o potencial de articulação e desenvolvimento econômico das populações locais, assegurando o protagonismo no rompimento dos padrões de beleza eurocentrados. Percebe-se hoje que, além de garantir maior representatividade, essas iniciativas contribuem para a construção de um conceito moderno sobre a real beleza brasileira.

Por outro lado, a indústria de cosméticos tem um papel fundamental na transformação sustentável do país, devido ao seu grande poder de impacto em todos os estágios da cadeia produtiva. Cada vez mais as grandes empresas de beleza têm fortalecido suas práticas voltadas para a responsabilidade socioambiental, não somente garantindo o tratamento adequado de seus efluentes e resíduos, mas também investindo em projetos para a preservação do meio ambiente e desenvolvimento comunitário.

Através da Lei nº 13.123, conhecida por Lei da Biodiversidade, as empresas são hoje responsabilizadas por utilizar em suas atividades ativos provenientes da flora brasileira. Com isso, precisam repartir os benefícios oriundos da exploração do patrimônio genético de forma a garantir a conservação e uso sustentável da biodiversidade. Este beneficiamento pode ser realizado de diversas formas, e costuma ser revertido em projetos voltados para os povos e comunidades locais (MAPA, 2020). Um bom exemplo dessa prática é a Natura, que desde 2002 tem atuado diretamente no desenvolvimento de cooperativas de agricultores familiares (Relacionamento por meio de cooperativas de agricultores familiares, 2020).

Em uma reação em cadeia, as grandes produtoras de cosméticos também têm a capacidade de influenciar positivamente seus fornecedores através de políticas de

monitoramento de práticas mais sustentáveis. Isso ocorre de diversas formas, como através das parcerias com o CDP (*Carbon Disclosure Project*), uma organização não-lucrativa internacional que auxilia empresas e governos a mensurar e gerir os riscos e oportunidades para o desenvolvimento sustentável (Carbon Disclosure Project, 2020).

A produção de conhecimento científico é um dos maiores atributos da indústria de beleza no Brasil, uma vez que as principais multinacionais do ramo possuem centros de pesquisa e inovação em território nacional. Esse é o caso das gigantes Natura, Unilever, L'Oréal, Procter&Gamble e Boticário. Nesse sentido, é importante reconhecer os esforços para o fortalecimento da atuação de mulheres na ciência através de iniciativas como o prêmio Para Mulheres na Ciência, uma parceria da L'Oréal com a Unesco.

Finalmente, é crucial um maior engajamento das grandes produtoras de cosméticos no fortalecimento da cadeia de pós consumo de suas embalagens. Em detrimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), a Unilever tem se destacado através de parcerias com cooperativas de reciclagem e recicladores, fechando o ciclo ao utilizar frascos feitos a partir de resinas plásticas 100% recicladas nas embalagens da sua marca “Love Beauty & Planet” (UNILEVER, 2019).

Diante dessas e muitas outras iniciativas, é possível enxergar oportunidades para uma indústria de beleza mais sustentável no Brasil. Percebe-se que o crescimento na consciência socioambiental da população tem refletido em consumidores mais preocupados com as práticas socioambientais das empresas de bens de consumo. Entretanto, o “*greenwashing*” tem se tornado um problema cada vez mais latente no Brasil e no mundo, evidenciando a necessidade de maior transparência por parte das empresas de cosméticos no mercado.

5 Conclusões

A análise comparativa das pegadas ambientais do xampu líquido convencional, do xampu sólido industrial e o xampu sólido artesanal, foi elaborada a partir das regras propostas pelo PEFCR. Na avaliação de ciclo de vida foi utilizada a base de dados do Ecoinvent 3.6 e o software OpenLCA. As diferentes fases do ciclo de vida foram inventariadas com base nos dados do mercado brasileiro, desde a utilização da matriz energética local, até a regionalização do manejo de resíduos sólidos, hábitos de consumo de água e eletricidade no banho. A distribuição e armazenamento dos produtos industriais também foram modelados a partir da

participação de mercado das principais empresas do ramo de cosméticos e dos modais de transportes no Brasil.

Os potenciais impactos de cada xampu foram avaliados pela metodologia do *Recipe Midpoint* (H) 2014, sendo a fase de uso no banho a principal responsável pela pegada ambiental dos produtos. Esse resultado revela o papel fundamental do consumidor na redução do uso de água e energia elétrica. Essa reeducação pode ser impulsionada, inclusive, pelas empresas de bens de consumo que, além de reduzirem os recursos naturais utilizados em suas atividades, também podem viabilizar cadeias de logística reversa para a destinação correta de suas embalagens no pós consumo. Para identificação de outros agentes protagonistas e oportunidades no ciclo de vida do xampu, desconsiderou-se a fase de uso devido à sua semelhança para os três produtos.

A partir de uma análise mais minuciosa dos resultados obtidos, concluiu-se que os produtos sólidos apresentam uma performance ambiental melhor que o xampu líquido. No caso do produto artesanal, somente na categoria de ocupação da terra foi constatado resultados desfavoráveis, o que é justificado pelas práticas agrícolas associadas ao cultivo de laranja para a produção do óleo essencial modelado. O xampu sólido industrial, por sua vez, apresentou melhor desempenho para todas as categorias quando comparado ao líquido. Destaca-se aqui a importância por parte das empresas no monitoramento da cadeia produtiva de seus insumos agrícolas.

Identificou-se também que essa melhoria nos produtos concentrados não se deve unicamente ao menor consumo de água nas formulações, mas também aos aspectos indiretos consequentes dessa alteração, como a possibilidade do uso de embalagens de papel e a redução de tamanho do produto final.

A análise de sensibilidade realizada corroborou para esses resultados, mostrando que, mesmo para um rendimento equivalente, o xampu sólido ainda é uma alternativa promissora. Ademais, sob a perspectiva de desenvolvimento sustentável, pode-se inferir que ambos os xampus em barra apresentam propostas válidas e igualmente relevantes. Assim, ao considerar também a alta demanda desse produto e as limitações de escala para produção artesanal, compreende-se que o caminho para o consumo consciente pode ser alcançado através de múltiplas soluções sustentáveis.

Por fim, recomenda-se a realização de uma análise de sensibilidade e um estudo mais profundo acerca da produção de óleos essenciais no Brasil a fim de averiguar a coerência da alocação realizada. Além disso, para uma compreensão precisa dos impactos ambientais atrelados ao despejo direto de efluentes no meio ambiente, sugere-se um estudo dos aspectos

ecotoxicológicos relacionados à formulação dos produtos. Recomenda-se também a modelagem do processo produtivo do cocoil isocianato de sódio (SCI) para uma análise mais representativa dos xampus sólidos comercializados no Brasil e no mundo.

6 Anexos

Anexo A – Levantamento de produtos de xampu sólido no mercado

Anexo B – Levantamento de patentes de xampu sólido

Anexo C – Entrevistas com microempreendedores

ANEXO A

Marca	Produto	Processo	Tensoativo/Óleos sap	Agentes Condicionadores: Óleos e Manteigas de	Diluyente/ Emulsificante	Sal	Fragâncias: óleo essencial/ hidrolato de	Preservativos	Extratos e outros	Aditivos
J.R. Liggett's	Old England Recipe	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de coco óleo sap de		water	Sodium Hydroxide	Rosa			
J.R. Liggett's	Herbal Formula	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de coco óleo sap de		água	Sodium Hydroxide	Alecrim Lavanda Cedro			
J.R. Liggett's	Tea Tree & Hemp oil	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de coco óleo sap de óleo sap de		água	Sodium Hydroxide	Hemp Malaleuca			
J.R. Liggett's	Jojoba & Peppermint	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de coco óleo sap de óleo sap de jojoba óleo sap de hortelã- óleo sap de		água	Sodium Hydroxide				
J.R. Liggett's	Damaged Hair Formula	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de óleo sap de coco óleo sap de		água	Sodium Hydroxide	Aloe Vera		Vit E	
J.R. Liggett's	Ultra balanced	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de coco óleo sap de óleo sap de hortelã- óleo sap de óleo sap de jojoba		água	Sodium Hydroxide				
LUSH	New	Tensoativo	Sodium lauryl sulfate	Glycerin Canela Cravo	Benzyl benzoate		Lanoolol Limonene Cinnamyl Alcohol Cinnamal		Nettle and peppermint Eugenol	synthetic pigment
LUSH	Honey I washed my hair	Tensoativo	Sodium lauryl sulfate	Laranja Laranja	água		Alecrim Citronellol Butylphenyl Amyl cinnamal		honeycomb	

							Lanaloool		Honey
							Limonene		
LUSH	Seanik	Tensoativo	Sodium Cocamphoacetate	Limão		Sea salt	Laranja		nori seaweed
			Sodium lauryl sulfate	Glycerin			Limonene		
							Jasmin		Irish moss gel
							Acácia-negra		synthetic pigment
B.O.B.	Detox	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Patchouli Palma Cupuaçu Glycerin	Cetyl Alcohol		Eucalyptus Hortelã	Kaolin	Dehydroacetic Acid
								Charcoal Powder	Benzyl Alcohol
B.O.B.	Purificante	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Mamona Cupuaçu Palma Glycerin			Rosa Capim-limão Hortelã	Benzyl Alcohol	Kaolin
								Dehydroacetic Acid	
B.O.B.	Nutritivo	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Glycerin Mamona Cupuaçu	Cetyl Alcohol		Linalool Geraniol pelargonium	Benzyl Alcohol	Dehydroacetic Acid
							Kaolin		
							Cananga odorata		
Love Beauty and Planet	Murumuru butter & rose	Tensoativo	Sodium isethionate	Coco Girassol Murumuru	água	Sodium chloride	Linalool Citronellol	Benzyl Alcohol	
			Sodium cocoyl isethionate				Alpha-isomethyl Coumarin	Benzyl Salicylate	
							Rosa	stearic acid	
							Hexyl Cinnamal		
Love Beauty and Planet	2 in 1	Tensoativo	Sodium isethionate	Coco Coconut liquid	água	Sodium chloride	Citral Limonene	stearic acid	
			Sodium cocoyl isethionate				Alpha-isomethyl Linalool		
							Acácia-negra Hexyl Cinnamal		
No Plastic Market	Cabelos normais	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Coco				stearic acid	argila rosa pó de shikakai
No Plastic Market	Cabelos Secos	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Coco Karité				stearic acid	pó de shikakai
No Plastic Market	Cabelos oleosos	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate					stearic acid	argila verde Argila Rhassoul pó de shikakai
WearthLondon	Floral	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Oliva Oliva Oliva			limonene linalool	stearic acid benzyl alcohol	Illite
				Manga			pelargonium		
			disodium cocoamphodiacetat	Laranja			Aloe Vera geraniol citronellol		coumarin
				Oliva			citral	cetrimonium	montmorillonite
							limonene		Illite

WearthLondon	Citrus Scent	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	litsea cubeba fruit		Jasmin Aloe Vera	stearic acid	
				Toranja Manga Oliva Oliva		linalool citral geraniol citronellol		
WearthLondon	Musk Scent	Tensoativo	disodium cocoamphodiacetat	Oliva Oliva Manga		citronellol	stearic acid	Illite
			Sodium cocoyl isethionate	Vetivera zizanoides Patchouli		Amyl cinnamal Aloe Vera geraniol eugenol	benzyl benzoate	
						limonene		
			disodium cocoamphodiacetat	Oliva		linalool	cetrimonium	montmorillonite
Friendly Soap	Lavender & Tea tree	saponificação	óleo sap de coco		água	linalool Lavanda		
			óleo sap de oliva			Malaleuca limonene		
			óleo sap de mamona			geraniol limonene		
Friendly Soap	Lavender & Geranium	saponificação	óleo sap de coco		água	linalool Lavanda		
			óleo sap de oliva			citronella geraniol		
			óleo sap de mamona			limonene pelargonium		
SementeBio	Maresia	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Maracuja Andiroba Murumuru behenyltrimonium propanediol	cetearyl alcohol	Capim-limão Hortelã	benzoic acid sorbitan caprylate	argila verde louro em pó
				behenyltrimonium methosulfate	cetearyl alcohol	Laranja	propanediol	farinha de aveia
SementeBio	Tropicália	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Ucuuba Murumuru Cupuaçu Pracaxi	sorbitan caprylate		benzoic acid	argila rosa
						Tangerina		
SementeBio	Pracaxi e Patchouli	saponificação	óleo sap de palma óleo sap de coco óleo sap de oliva óleo sap de pracaxi óleo sap de			Laranja Patchouli		
			óleo sap de coco óleo sap de					
SementeBio	Coco e Castanha	saponificação	óleo sap de palma óleo sap de oliva			Malaleuca Citronela		leite de coco

SementeBio	Copaiba e Melaleuca	saponificação	óleo sap de ricino óleo sap de copaiba óleo sap de			Lavadin		
BiOrigen	Força na Peruca #1	saponificação	Tensoativo vegetal	Coco		Alecrim Hortelã Tomilho		Argila Verde Café
BiOrigen	Força na Peruca #2	saponificação	Tensoativo vegetal	Cupuaçu Castanha-do-Pará Mamona		Alecrim		Argila rosa Aveia D Pantenol
BiOrigen	Manteiga de Cacau e Canela	saponificação	óleo sap de oliva	Cacau Coco Palma		Canela Canela		
BiOrigen	Manteiga de Bacuri e Laranja Doce	saponificação	óleo sap de oliva óleo sap de Manteiga de palma sap	Coco Palma Laranja Bacuri Cupuaçu		Laranja		
BiOrigen	Copaiba, Citus e Argila Verde	saponificação	Óleo sap de óleo sap de oliva óleo sap de palma óleo sap de	Coco		Tangerina Eucalyptus		Argila verde
BiOrigen	Kerite e Cupuaçu	saponificação	óleo sap de mamona	Coco Oliva Karité Palma Cupuaçu				Extrato de raiz de vertiver
Chá Dao	Cabelo Oleoso			Uva		Alecrim	Isetionato de sódio	Argila verde Matcha
Chá Dao	Cabelo Misto	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Mamona		Lavanda Camomila		
Chá Dao	Cabelo Seco	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Coco		Capim-limão Alecrim		
Chá Dao	Cabelo Danificado	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Copaíba		Malaleuca Cedro		Spirulina
Chá Dao	Sabonete e	saponificação	óleo sap de coco	Mamona	Alcool de cereais	Capim-limão		Açúcar
Chá Dao		saponificação	óleo sap de coco	Mamona	Alcool de cereais	Cedro		Açúcar spirulina
My.Hair	POLLUTION PATROL	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Hydrogenated Polyglyceryl-4 Cetrimonium Coco	Água	Butylphenyl Benzyl salicylate Eugenol Linalool Alpha-isomethyl Hydroxyisohexyl 3-Hexyl Cinnamal	Potassium Sorbate	Illite Hydrolyzed Oat
				Glycerin Hydrogenated		Parfum	Tetrasodium Sodium Isethionate	Illite

My.Hair	HYDRATE	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Polyglyceryl-4 Coco	Água	Limonene Citronellol Linalool Geraniol	Sodium Isethionate Potassium Sorbate Tetrasodium	Opuntia Coccinellifera Ceratonia Siliqua Aloe Ferox Leaf	CI 77004
				Glycerin		Parfum		Illite	
My.Hair	VOLUME	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Hydrogenated Polyglyceryl-4 Coco	Água	Citronellol Hydroxyisohexyl 3- Butylphenyl	Sodium Isethionate Potassium Sorbate Tetrasodium	Vicia Faba Seed Faex Extract Glycine Soja Germ Pisum Sativum Phaseolus Vulgaris	CI 77004
				Glycerin					
My.Hair	SMOOTH	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Hydrogenated Polyglyceryl-4 Coco Glycerin Decyl Oleate Girassol Oliva Milho	Água	Hexyl Cinnamal Tocopherol Linalool Coumarin Parfum Rosa	Sodium Isethionate Tetrasodium Glutamate Diacetate		CI 77004
				Uva					
Rio Fée des Bulles	CABELOS NORMAIS	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Coco		Pinho	stearic acid	Pó de Shikakai Argila Rosa	
	CABELOS OLEOSOS	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate			Hortelã Limão	stearic acid	argila verde Argila Rhassoul Pó de Shikakai	
Rio Fée des Bulles									
Rio Fée des Bulles	CABELOS NORMAIS	Tensoativo	Sodium cocoyl isethionate	Coco Karité		Ylang Ylang	stearic acid	Pó de Shikakai	

ANEXO B

Data	Local	Nº	Patente	Referência
abr/64	US	3129187	<i>Synthetic Detergent Toilet bar</i>	(MEEHAN e WASHINGTON, 1964)
mar/77	US	4012341	<i>Unique all sythetic detergent shampoo bar</i>	(ORSHITZER e MACANDER, 1975)
ago/89	EU	0 330 435 B1	<i>Solid shampoo composition</i>	(TIBBETTS, GUPTA e RD, 1988)
abr/90	US	4919838	<i>Bar shampoo and skin soap</i>	(CONSTANTINE e KRYSZTAL, 1994)
jan/18	US	US 9.877.905 B2	<i>Personal care composition and method os use thereof</i>	(DIXON, RIGBY e TIMMERMAN, 2018)
abr/20	US	US 2020/0129411 A1	<i>Solid bar shampoo</i>	(GRIFFITHS e REAY, 2020)

ANEXO C

Nome da empresa	Nome do microempreendedor	Área de atuação	Data da entrevista	Localização da empresa
SementeBio	Lua Anahí	Cosméticos artesanais	Fev 2020	Rio de Janeiro - RJ
Atelier du Savon	Mel Ferraz	Cosméticos artesanais	Abr 2020	Rio de Janeiro - RJ
No Plastic Market	Charlotte	Cosméticos artesanais	Mar 2020	Niterói - RJ
Kurandé	Cláudio Marques	Cosméticos artesanais	Jun 2020	Rio de Janeiro - RJ
Florus Essencial	Luca Lin	Óleos essenciais orgânicos	Out 2020	Juiz de Fora - MG

7 Bibliografia

ABDULAMEER, A. et al. GUI Based Control System Analysis Using PID Controller for Education. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, Melaka, 2016. 91-101.

ABIHPEC; SEBRAE. **Caderno de Tendências 2019-2020**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. [S.l.]. 2019.

ACEVEDO, F. The use of reactors in biomining processes. **Electron Journal of Biotechnology**, 2000. p.1-11.

ALBERTOS, P.; MAREELS, I. **Feedback and Control for Everyone**. [S.l.]: Springer, 2010.

AMIRALIAN, L.; FERNANDES, C. R. Fundamentos da Cosmetologia. **Cosmetics & Toiletries**, Osasco, SP, v. 30, janeiro 2018.

ANVISA. **Resolução RDC N17**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [S.l.]. 2010.

ANVISA. **Guia de Qualidade para Sistemas de Purificação de Água para Uso Farmacêutico**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [S.l.]. 2013.

ANVISA. **Resolução N48**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [S.l.]. 2013.

ANVISA. **Resolução RDC N40**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [S.l.]. 2015.

ANVISA. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>>.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa**, 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2502257&_101_type=content&_101_urlTitle=>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ANVISA. **RDC 250/2018**. ANVISA. [S.l.]. 2020.

ASSOCIATION of Plastic Recyclers, 2020. Disponível em: <<https://plasticsrecycling.org/apr-design-guide/apr-design-guide-home/139-apr-design-guide/quick-links/ps-tabs/509-labels-inks-and-adhesives>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BAREL, A. O.; PAYE, M.; MAIBACH, H. I. **Handbook of Cosmetic Science and Technology**. 1. ed. U.S.A.: Marcel Dekker, 2001. ISBN 0-8247-0292-1.

BARROSO, L. R. **Saneamento básico: competências constitucionais da União, Estados e Municípios**. Brasília. 2002.

BASES e concentrados, 2020. Disponível em: <<https://www.sabaoeglicerina.com.br/alcool-cetoestearilico-etoxilado-20-eo-p5267153>>. Acesso em: 12 nov 2020.

BECCALI, M.; CELLURA, M.; IUDICELLO, M. Life Cycle Assessment of Italian Citrus-Based Products. **Springer Science**, jan. 2009.

BEERLING, J. **Sustainability: How the Cosmetics Industry is Greening up**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Ltd., 2014.

BIOQUÍMICA Brasil. **bioquimicabrasil**, 2019. Disponível em: <<https://bioquimicabrasil.com/2019/02/14/agua-quimica-instrumental/>>. Acesso em: setembro 2020.

BOON, M. **Theoretical and Experimental Methods in the Modelling of Bio-oxidation kinetics of Sulphide Minerals**. Delft University of Technology. Delft. 1996.

BOON, M.; HEIJNEN, J. J. Gas-liquid mass transfer phenomena in bio-oxidation experiments of sulphide minerals: a critical review of literature data. **Hydrometallurgy**, 1998. p. 187-204.

BOON, M.; RAS, C.; HEIJNEN, J. J. The ferrous iron oxidation kinetics of Thiobacillus ferrooxidans in batch cultures. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 51, p. 813-819, February 1999.

BOULDING, K. E. The Economics of Coming Spaceship Earth. In: _____ **Environmental Quality in a Growing Economy. A Resource for the Future**. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1996.

BRIERLEY, C. L.; BRIERLEY, J. A. Progress in bioleaching: Part B: applications of microbial processes by the minerals industries. **Appl Microbiol Biotechnol**, 23 Julho 2013.

BUENO, E. D. O.; MELLO, C. R. Pegada Hídrica de Usinas Hidrelétricas. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília - DF, nov. 2015.

CALEFFI, R.; HEIDEMANN, T. R.; MOSER, D. K. Cloreto de sódio: Análise de sua função na formulação de xampus para manutenção de cabelos quimicamente tratados.

CALIJURI, M. D. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. [S.l.]: Elsevier Editora Ltda, 2013.

CAMMAROTA, M. C. **Poluição Hídrica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2020.

CARBON Disclosure Project. **Carbon Disclosure Project, What we do**, 2020. Disponível em: <<https://www.cdp.net/en/info/about-us/what-we-do>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CHEMICAL, I. Is Sodium Benzoate Safe in Cosmetics? **Independent Chemical**, 2019. Disponível em: <<https://independentchemical.com/blogs/is-sodium-benzoate-safe-in-cosmetics-20058.aspx#:~:text=Sodium%20benzoate%20is%20used%20in,has%20some%20effectiveness%20against%20bacteria.>>. Acesso em: 2020.

CHIROLI, M.; CAMPOS, R.; DA SILVA, L. L. Doadores de viscosidade utilizados em xampus: Revisão de literatura, 200 a 2012. **Visão Acadêmica**, Curitiba, Mar 2013. ISSN 1518-8361.

CIRRA. Estudo da USP mostra chuveiro elétrico como opção mais econômica para o banho, 2009. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/13062400/estudo-da-usp-mostra-chuveiro-eletrico-como-opcao>>. Acesso em: set. 2020.

CONAMA. **Resolução N430**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [S.l.]. 2011.

CONSTANTINE, M. J.; KRYSZTAL, S. **Solid shampoo compositon**. 0330435B1, 02 fev. 1994.

CONSULTANTS, 2.-0. L. RSPO certified palm oil: what are the life-cycle benefits? **lca-net**, 2019. Disponível em: <<https://lca-net.com/projects/show/lca-of-certified-palm-oil/>>.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quím. Nova**, v. 31, 2008.

CPRM. Atlas Pluviométrico do Brasil, 2006. Disponível em: <<https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>>. Acesso em: 28 set. 2020.

D. H. PYBUS, C. S. S. **The Chemistry of Fragrances**. UK: R&C Paperbacks.

DA SILVA, R. H. **Design de Centros de Distribuição e Modelagem de Custos**. NT Editora e Figuramundo. [S.l.]. 2014.

DALTIN, D. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2011.

DELEU, M.; PAQUOT, M. From renewable vegetables resources to microorganisms: new trends in surfactants. **www.sciencedirect.com**, Belgium, 2004. ISSN C. R. Chimie 7 (2004) 641–646.

D'HUGUES, P. et al. Continuous bioleaching of a pyrite concentrate in stirred reactors: Population. **Hydrometallurgy**, Orléans, 3 June 2008. p. 34-411.

Diretrizes de Rotulagem Ambiental para Embalagens. ABRE - Associação brasileira de embalagem. [S.l.]. 2012.

DIXON, N. J.; RIGBY, A. H.; TIMMERMAN, D. L. **Personal are composition and method of use thereof**. US9877905B2, 30 jan. 2018.

DOS SANTOS, E. C. **Mecanismo de oxidação da pirita: Uma abordagem através de cálculos DFT**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte. 2015.

EBALAGENS. **anvisa**. Disponível em: <htt>.

ECOINVENT. References, 2020. Disponível em: <<https://www.ecoinvent.org/references/references.html#2787>>. Acesso em: 17 out. 2020.

EPL. Plano Nacional de Logística Integrada. **gov.br**, 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica/anos-anteriores/plano-nacional-de-logistica-integrada-pnli-51.pdf>>. Acesso em: set. 2020.

ESCAMILLA, M. et al. Preliminary Results from the Technical Analysis. In: _____ **Revision of European Ecolabel Criteria for Soaps, Shampoos and Hair Conditioners**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

FADALI, M. S. **Digital Control Engineering - Analysis and Design**. [S.l.]: Elsevier, 2009.

FENG, J. et al. Pyrite oxidation mechanism in aqueous medium. **Journal of the Chinese Chemical Society**, Taipei, 22 Dezembro 2019. 345-354.

FLATICON , 2020. Disponível em: <<https://www.flaticon.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

FREMPLAST. Produção Mais Limpa na Serigrafia, 2020. Disponível em: <<https://fremplast.com.br/producao-mais-limpa-na-serigrafia/>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

GARDINGO, M. D. F. Tratamento de águas e efluente contendo surfactantes através do sistema peróxido de hidrogênio/hipoclorito. **Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2010.

GODOY, B.; BRASLAVSKY, J.; AGUERO, J. **Model Predictive control applied to heap bioleaching processes**. The University of Newcastle. [S.l.]. 2007.

GOLSTEIJN, L. et al. Developing Product Environmental Footprint Category Rules for shampoos - The basis for comparable Life Cycle Assessments. **Integrated Environmental Assessment and Management**, 2018. ISSN DOI: 10.1002/ieam.4064.

GOULART, LEANDRO. **Promtec Bobinas e Etiquetas**, 2017. Disponível em: <<https://www.promtec.com.br/guia-de-materiais-para-etiquetas-frontais/>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

GRIFFITHS, A.; REAY, L. **Solid Bar shampoo**. US2020/0129411A1, 30 abr. 2020.

GUBITOSA, J. et al. Hair Care Cosmetics: From Traditional Shampoo to Solid Clay and Herbal Shampoo, A Review. **Cosmetics**, 2019. ISSN 10.3390/cosmetics6010013.

GUIMARÃES, Igor. Engenheiro de embalagens L'Oréal. [Entrevista concedida a] Thays Sampaio. Rio de Janeiro, 13 mai.2020. [A entrevista abordou os materiais usados em embalagens de cosméticos e seus respectivos processos de fabricação]

HALLA, N. et al. Cosmetics Preservation: A Review on Present Strategies. **MDPI**, 2018. ISSN 10.3390/molecules23071571.

HANSFORD, G. S. Recent Developments in Modeling the Kinetics of Bioleaching. In: RAWLINGS, D. E. **Biomining: Theory, Microbes and Industrial Processes**. [S.l.]: [s.n.], 1997. Cap. 8, p. 153-177.

IPE. IPE. **ipe.org**, 2016. Disponível em: <<https://www.ipe.org.br/ultimas-noticias/767-estudo-mostra-que-expansao-para-producao-de-oleo-de-palma-pode-afetar-florestas-em-20-paises>>. Acesso em: 2020.

ISENMANN, A. F. **Princípios Químicos em Produtos Cosméticos e Sanitários**, Timóteo, MG, 2017. ISSN 978-85-913050-5-6.

JARDAK, K.; DROGUI, P.; DAGHRIR, R. Surfactants in aquatic and terrestrial environment: occurrence, behavior, and treatment. **Springer-Verlag**, 2015.

JÚNIOR, W. E. F.; BEVILAQUA, D.; JÚNIOR, O. G. Estudo da dissolução oxidativa microbiológica de uma complexa amostra mineral contendo pirita (FeS₂), Pirrotita (Fe₁-XS) e Molibdenita (MoS₂). **Química Nova**, 30, n. 5, 2007.

KARSA, D. R.; PORTER, M. R. **Biodegradability of Surfactants**. [S.l.]: Springer-Science+Business Media, B.V, 1995.

KARSHEVA, ; GEORGIEVA, ; HANDJIEVA,. Thickener choice - A way to improve cosmetics sensory properties. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, Sofia, Bulgaria, 2007.

KOEHLER, A.; WILDBOLZ, C. Comparing the Environmental Footprints of Home-Care and Personal-Hygiene Products: The Relevance of Different Life-Cycle Phases, Zurich, n. ETH Zurich, Ecological Systems Design, Institute of Environmental Engineering, 2009.

KORTEMEIER, U. et al. Thickening Agents for Surfactant Systems. **Soft Journal**, n. 136, 2010.

KUMAR, A.; MALI, R. R.; °. Evaluation of prepared shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, India, v. 3, 2010. ISSN 0976-044X.

LEITE, E. F. Sínteses e Propriedades Físico-Químicas de novos tensoativos a base de oleaginosas brasileiras. **Universidade de São Paulo**, Lorena, 2010.

LEITE, E. F.; BARBOZA, J. C. D. S. Sínteses e Propriedades Físico-Químicas de novos tensoativos a base de oleaginosas brasileiras, Lorena, SP, 2010.

LIFE Cycle Management - A Business Guide to Sustainability. **sustainabledevelopment.un.org**, 2007. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=845&menu=1515>>.

LIQUIGÁS, GLP. **Petrobrás, Liquigás**, 2008. Disponível em: <https://www.liquigas.com.br/wps/portal/!ut/p/z1/hY4_D4IwFMQ_iwOjvJf6B-LGpKkGZBF8iwFTCwm0pFQb_fQ2cTLRcNvd_S45ICiBVPVoZWVbrarO-zOtL_sUGdttGWYxXyFLOc-PUC6yaAknIKDRQjEFkq_xjxL0e5pCOJDsdP15lah6EUsgI27CCBPejY8ba4dxE2CAzrlQai07EV51H-CvSaP97_KbhKFXz7l6HUSRzN4X2uV>. Acesso em: 29 set. 2020.

LUCCA, L. G. **Perfumes: arte e ciência**. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

LUSH COSMETICS. Naked: Packaging-free goods are always in store, 2020. Disponível em: <https://www.lushusa.com/stories/article_our-values-naked.html>. Acesso em: 21 set. 2020.

Manual de Controle da Qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs. FUNASA. Brasília. 2014.

MAPA. **Diagnóstico da produção sustentável da palma de óleo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília. 2018.

MAPA. Lei da Biodiversidade. **Governo Federal**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/recursos-geneticos-1/lei-da-biodiversidade>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

MASTER e Pigmento. **Mais Polímeros**, 2020. Disponível em: <<http://www.maispolimeros.com.br/2020/02/18/masterbatch/>>.

MEEHAN, E. J.; WASHINGTON, F. **Synthetic Detergent Toilet Bar**. 31292187, 14 abr. 1964.

MEIKLE, J. L. **American Plastic: A cultural History**. [S.l.]: Rutgers University Press, 1995.

MINTEK. Agitated Tank Bioleaching. **Site da Mintek**. Disponível em: <<https://www.mintek.co.za/technical-divisions/biotechnology-bio/services-facilities/agitated-tank-bioleaching/>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

MORAIS, I. B. S.; ANGELIS, L. H. Biotensoativos: uma alternativa mais limpa para as indústrias de cosméticos. **Pós em Revista do Centro Universitário Newton Paiva**, n. 6, 2012/2. ISSN 2176 7785.

MOSES, C. O.; HERMAN, J. S. Pyrite oxidation at circumneutral pH. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Charlottesville, 20 Novembro 1990. p. 471-482.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de desenvolvimento sustentável, 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - U.S. National Institute of Standards and Technology - U.S Department of Commerce. **Site da National Institute of Standards and Technology**, 2018. Disponível em: <<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C1309360&Type=JANAFS&Table=on>>. Acesso em: 15 Março 2020.

NBR ISO 14040. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2001.

NBR ISO 14044. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2009.

NCI. Imidazolidinyl urea, 2003. ISSN 39236-46-9. Disponível em: <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/imidazolidinylurea_508.pdf>.

OGUNNAIKE, A. B.; RAY, W. H. **process, dynamics, modeling, and control**. New York: Oxford University Press, 1994.

ÓLEOS essenciais: uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil. **A Lavoura** **699**, n. 699, p. 48-49, 2013.

OLIVEIRA, D. M. et al. Biolixiviação: Utilização de Micro-organismos na Extração de Metais. **Série de Tecnologia Ambiental**, Rio de Janeiro, 2010.

ORSBITZER, P.; MACANDER, A. **Unique all synthetic detergent shampoo bar**. 589968, 24 jun. 1975.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W.; MALONEY, J. O. (Eds.). **Perry's chemical engineers' handbook**. 7ª. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1997.

PESIC, B.; OLIVER, D. J. An Electrochemical Method of Measuring the Oxidation Rate of Ferrous to Ferric Iron with Oxygen in the Presence of Thiobacillus ferrooxidans. **Biotechnology and Bioengineering**, 1989. p. 428-439.

PETERSEN, J. Modelling of bioleach process: Connection between science and engineering. **Hydrometallurgy**, v. 104, Outubro 2010. p. 404-409.

POÇO, J. G. R. **Estudo da Síntese de Dimetildiclorosilano a partir de cloreto de metila e silício**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

POOLEY, F. D. **Bacterial oxidation of an auriferous arsenical concentrate**. Hydrometallurgy. Cambridge: Springer-Science+Business Media. 1994. p. 351-359.

POTENCIAL de consumo indica mercados em expansão no Brasil. **Geofusion**, 2016. Disponível em: <<https://blog.geofusion.com.br/potencial-de-consumo-indica-mercados-em-expansao-no-brasil>>. Acesso em: 28 set. 2020.

PRADHAN, N. et al. Heap Bioleaching of chalcopyrite: a review. **Minerals Engineering**, Orissa, v. 21, n. 5, Abril 2008. p.355-365.

PRINTI, Hot Stamping. **Printi**, 2020. Disponível em: <<https://www.printi.com.br/glossario/hot-stamping>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

PROCEL. **Pesquisa de posse e hábitos de uso de equipamentos elétricos na classe residencial**. PROCEL & Eletrobras. [S.l.]. 2019.

PYBUS, D.; SELI, C. **The Chemistry of Fragrances**. UK: RSC Paperbacks.

RECIPE Report. **pre-sustainability**, 2012. Disponível em: <<http://pre-sustainability.com/articles/recipe/>>.

RELACIONAMENTO por meio de cooperativas de agricultores familiares. **Iniciativa Brasileira de Negócios e Biodiversidade**, 2020. Disponível em: <<https://cebds.org/ibnbio/projeto/relacionamento-por-meio-de-cooperativas-de-agricultores-familiares/>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

RESOURCE Label Group, 2017. Disponível em: <<https://www.resourcelabel.com/evaluating-shrink-sleeve-material-options/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

RITRAMA, Polypropylene rolls. **Ritrama, self adhesive materials**, 2020. Disponível em: <<https://www.ritrama.com/en/roll-label/film-roll-label/standard-polypropylenes-roll-label/>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

ROHWERDER, T.; SHIPPERS, A.; SAND, W. Determination of reaction energy values for biological pyrite oxidation by calorimetry. **Thermochimica Acta**, Hamburg, 28 Agosto 1997. 79-85.

ROMEU, C. C. **Comparação do desempenho ambiental de dois sabonetes cosméticos utilizando a técnica da ACV**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

ROWE, D. **Chemistry and Technology of Flavours and Fragrances**. 1-4051-1450-9. ed. [S.l.]: Blackwell Publishing Ltda, 2005.

ROWELL, D. **State-Space Representation of LTI Systems**. Department of Mechanical Engineering - MIT. Massachusetts. 2002.

RSPO. **Roundtable on Sustainable Palm Oil**, 2020. Disponível em: <<https://rspo.org/>>. Acesso em: Abril 2020.

S. DE, S. M. A. G. R. S. A. B. S. A Review on Natural Surfactants. **Royal Society of Chemistry**, 2015. ISSN 10.1039/C5RA11101C.

SANTOS, M. C. F. Aplicação de Pigmento Preto de Carvão Vegetal em Polietileno de Baixa Densidade e Influência da Radiação Ionizante. **IPEN**, São Paulo, 2013.

SDG 6 data. **sdgdata.org**, 2020. Disponível em: <<https://sdg6data.org/>>. Acesso em: set. 2020.

SEBORG, D. E. et al. **Process Dynamics and Control**. 3ª. ed. [S.l.]: [s.n.], 2011.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Ministério do Desenvolvimento Regional. [S.l.]. 2018.

SHAH, J. et al. Comparison of Oleo - vs Petro-Sourcing of Fatty Alcohols via Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment. **Springer**, 2016.

SHAH, J. et al. Comparison of Oleo- vs Petro-Sourcing of Fatty Alcohols via Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment. **Springerlink.com**, 2016. ISSN 10.1007/s11743-016-1867-y.

SIMOB/ANTP. **Relatório Geral 2018**. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público. [S.l.]. 2020.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. [S.l.]. 2018.

SPICE. An ecodesign tool to drive sustainable packaging innovation. **open-spice**, 2020. Disponível em: <<https://open-spice.com/tool/>>.

SUBIRATS, N. Texture analysis of cosmetic thickeners for aqueous surfactant systems. **Speciality Chemicals Magazine**, Abril 2019.

TIBBETTS, H. M.; GUPTA, M.; RD. **Bar shampoo and skin soap**. 252167, 30 set. 1988.

TOLLS, J. et al. Environmental Safety Aspects of Personal Care Products - An European Perspective. **Environmental Toxicology and Chemistry**, USA, v. 28, 2009.

TRATA Brasil. **tratabrasil.org**, 2020. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>.

TRIERWEILER, J. O. **A systematic approach to control structure design**. Universitat Dortmund. Dortmund. 1997.

ULTRAPAR. Securities and Exchange Commission, ULTRAPAR PARTICIPAÇÕES S.A. **docplayer**, 2018. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/82580742-Conforme-arquivado-na-securities-and-exchange-commission-em-06-de-abril-de-2018.html>>.

UNDP E UN ENVIRONMENT. **Managing mining for sustainable development: A sourcebook**. United Nations Development Programme. Bangkok. 2018.

UNILEVER. Unilever acelera esforços e desafia suas marcas a intensificarem a reciclagem no Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.unilever.com.br/news/press-releases/2019/unilever-acelera-esforcos-e-desafia-suas-marcas-a-intensificarem-a-reciclagem-no-brasil.html>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

VECINO, X. et al. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges, 2017. ISSN 10.1080/07388551.2016.1269053.

VILLELA, A. A. Expansão da palma na Amazônia Oriental para fins energéticos. **UFRJ/COPPE**, Rio de Janeiro, 2014.

VITA, N. A. et al. Parameters for assessing the aquatic environmental impact of cosmetic products. **Elsevier**, São José dos Pinhais, 2018.

WARRA, A. Current Trends and Future Application of Sodium Dodecyl Sulphate in Biotechnology and Surfactant Chemistry. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, Nigeria, 2012.

WATLING, H. R. The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides. **Hydrometallurgy**, v. 84, Outubro 2006. p. 81-108.

WILLIAMS II, R. L.; LAWRENCE, A. D. **Linear State-Space Control Systems**. Ohio: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

WILLIAMS, D. F. **Chemistry and Technology of the cosmetics and toiletries industry**. 2. ed. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1996.

WILLIAMS, D. F.; SCHMITT, W. H. **Chemistry and Technology of the Cosmetics and Toiletries Industry**. 2. ed. Londres: Chapman & Hall, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **METHYL CHLORIDE**. Geneva. 2000.

WWF. **Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização**. Dalberg. Suíça. 2019.

YAHYA A., D.; B, J. Bioleaching of pyrite at low pH and low redox potentials by novel mesophilic Gram-positive bacteria. **Hydrometallurgy**, v. 63, p. 181-188, 2002.